

Til
Københavns Kommune og Hvidovre Kommune

Dokumenttype
Rapport

Dato
02. juli 2020

Bilag 4

STORMFLODSSIKRING AF KALVEBODERNE OVERSVØMMELSER OG SKADESOMKOSTNINGER



STORMFLODSSIKRING AF KALVEBODERNE OVERSVØMMELSER OG SKADESOMKOSTNINGER

Projekt navn **Stormflodssikring af Kalveboderne – Spor 2 Samfundsøkonomi: Oversvømmelser og skadesomkostninger**
Projektnr. **1100042587**
Modtager **Københavns Kommune og Hvidovre Kommune**
Dokumenttype **Rapport**
Version **2**
Dato **02-07-2020**
Udarbejdet af **MSKV, MFAS**
Kontrolleret af **MBMJ, CNN**
Godkendt af **MBMJ**

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S

T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
<https://dk.ramboll.com>

INDHOLD

1.	Resumé	2
2.	Indledning	7
3.	Opgaveafgrænsning	8
3.1	Skadesanalyse	8
3.2	Scenarier	9
4.	Oversvømmelsesberegninger	10
4.1	Forudsætninger	10
4.1.1	Højvandsstatistik	10
4.1.2	Terrænforhold	14
4.1.3	Dybdeforhold	14
4.2	Hydrauliske oversvømmelsesberegninger	15
4.2.1	Modelbeskrivelser	15
4.2.2	Modeldomæne	16
4.2.3	Begrænsende tekniske konstruktioner	17
4.2.4	Modelrandbetingelser	18
4.2.5	Modelkalibrering	19
4.3	Oversvømmelser uden stormflodssikring	22
4.4	Oversvømmelser, hvis kun stormflodssikringen ved Kalveboderne anlægges	25
5.	Skades- og tabsomkostninger	30
5.1	Forudsætninger	30
5.1.1	Enhedspriser for skades- og tabsomkostninger	30
5.1.2	Bygninger for beboelse og erhverv	31
5.1.3	Infrastruktur	32
5.2	Metode	35
5.3	Resultater for skader og tab	35
5.4	Kvalitativ vurdering af skader fra stigende grundvand	40
6.	Yderligere nødvendig sikring	43
7.	Referencer	46
Bilag 1	Kortlægning af maksimale oversvømmelsesudbredelser uden stormflodssikring ved Kalveboderne	49
Bilag 3	Kortlægning af maksimale oversvømmelsesudbredelser med stormflodssikring ved Kalveboderne	57
Bilag 4	Fastlæggelse af enhedspriser for skades- og tabsomkostninger	60
Bilag 5	Kortlægning af skader	79

1. RESUMÉ

Hvidovre Kommune og Københavns Kommune har igangsat et tværkommunalt samarbejde hen mod at etablere løsninger, der skal forhindre oversvømmelser i kommunerne, når havvandet stiger ved en stormflod fra syd. Denne rapport er en del af et modningsprojekt, der skal kvalificere grundlaget for senere beslutninger om at etablere et fysisk anlæg. Rapportens formål er at kvalificere grundlaget for udbredelsen af oversvømmelser og beregne skadesomkostninger som følge af oversvømmelser. Rapportens resultater indgår endvidere i arbejdet med at beregne de samfundsøkonomiske konsekvenser af at gennemføre en stormflodssikring og i arbejdet med at fastlægge bidragsmodeller til fordeling af omkostningerne. Rapporten indeholder:

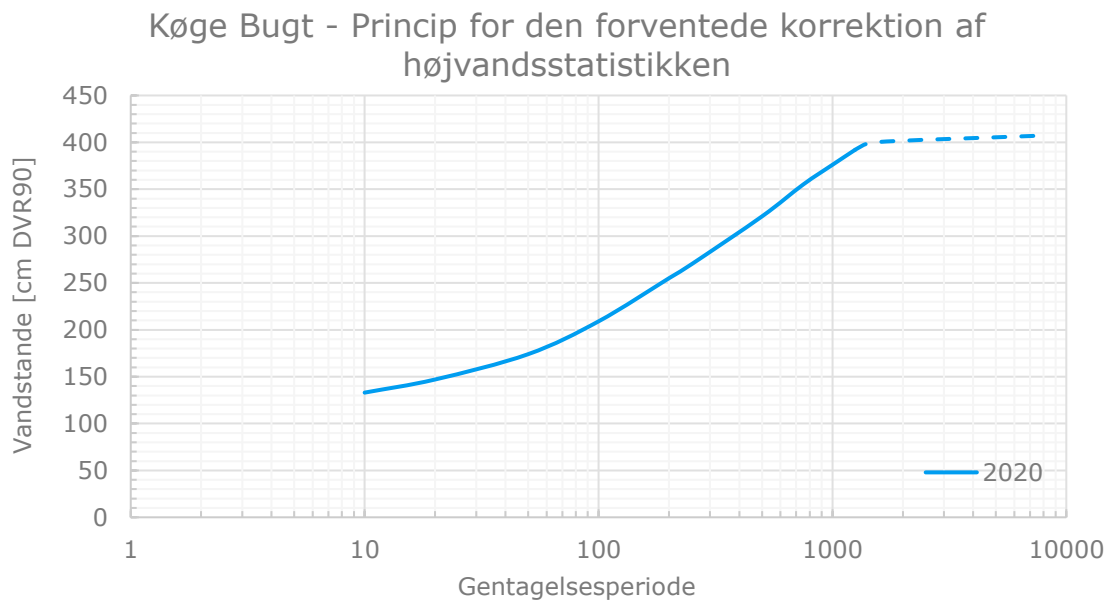
- Kortlægning af oversvømmelser ved stormflodshændelser
 - Vurdering af højvandsstatistik og maksimalt højvande ved stormflod fra syd
 - Vurdering af sikringsniveau for kommunerne med inddragelse af centrale infratraktorejeres sikringsniveau
 - Modellering af oversvømmelser ved forskellige højvandshændelser
- Enhedspriser for skader
 - Beregning af skadesomkostninger ved forskellige oversvømmelseshændelser
 - Beregning af omkostninger ved sygdom og mental stress som følge af oversvømmelser
 - Kvalitativ beskrivelse af faren for skader som følge af grundvandets påvirkning af konstruktioner under en højvandshændelse
- Samlet stormflodssikring fra syd
 - Beskrivelse af stormflodssikring med tilhørende estimat af anlægsomkostninger, der skal udføres andre steder end ved Kalveboderne for at Hvidovre Kommune og Københavns Kommune er samlet set kan være beskyttet mod stormfloder fra syd.

I rapporten er der analyseret følgende to scenarier, der indgår i de samfundsøkonomiske konsekvensberegninger:

- Nuværende situation, hvor der ikke er etableret yderligere højvandssikring af Hvidovre og Københavns Kommuner
- Stormflodssikring mod højvande fra syd, hvor Kalvebodssikringen og yderligere stormflodssikring langs kommunegrænserne er etableret, så der ikke sker oversvømmelser op til designkoten på 5,0 meter.

Desuden er der gennemført beregninger af udbredelsen af oversvømmelser, hvor kun sikringen ved Kalvebodbroen er etableret. Disse beregninger indgår ikke i de samfundsøkonomiske analyser, men er udført for at vise, til hvilke højvandshændelser Kalvebodssikringen alene kan forhindre oversvømmelser af Hvidovre og Københavns Kommuner.

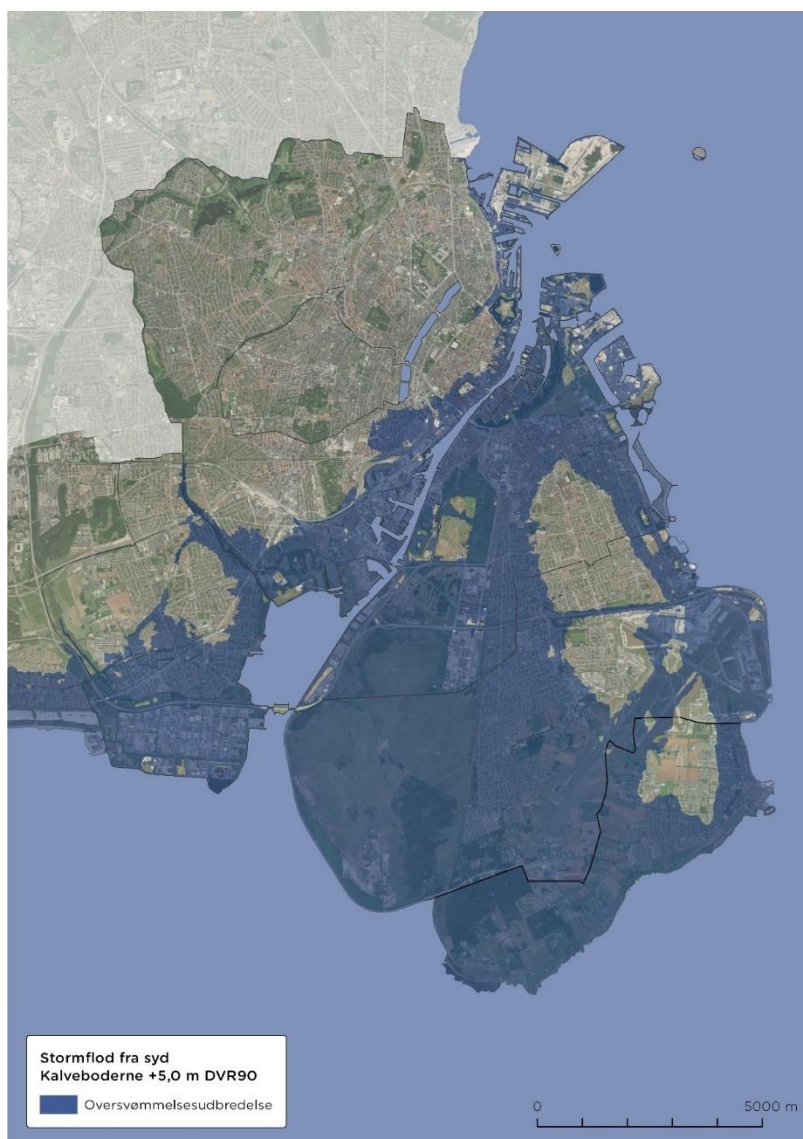
På baggrund af de fysiske forhold i Køge Bugt og Øresund har DMI i en nyere analyse vurderet, at en stormflod ved Kalveboderne sandsynligvis ikke vil overstige 3,5-4,0 m DVR90 med det nuværende klima svarende til ca. 4,5-5,0 m DVR90 i år 2100. Med DMI's rapport forventes der derfor at være en øvre grænse for, hvor høj vandstanden i Køge Bugt kan blive. En fremtidig højvandsstatistik forventes derfor at følge en S-kurve, hvis princip er vist på figur A. Det er nødvendigt med et større datagrundlag, en nærmere datagennemgang og en statistisk analyse for at kunne udarbejde en S-kurve af højvandsstatistikken, som de ekstreme højvandshændelser kan estimeres ud fra.



Figur A: Princip for den forventede korrektion af Køge Bugt højvandsstatistik repræsenterende stormfloder fra syd som rammer Hvidovre og Københavns Kommuner.

Med den nuværende viden forventes den maksimale vandstand i Køge Bugt at kunne blive omkring 5,0 m DVR90 svarende til en 2000-års hændelse i 2100 med COWI's statistik. Et sikringsniveau til en vandstandskote på 5,0 m DVR90 ved Kalvebodbroen svarer til det sikringsniveau, som flere af de større infrastrukturejere arbejder efter. Et højere sikringsniveau ved en gentagelsesperiode på mere end 2000 år vil med den nye viden sandsynligvis kun øge designkoten marginalt for et anlæg til stormflodssikring. Det er derfor besluttet at benytte en maksimal designkote på en vandstand på 5,0 m DVR90 i 2100 ved Kalvebodbroen i denne analyse af oversvømmelser og beregning af skader samt i de videre beregninger af de samfundsøkonomiske konsekvenser udført af Incentive.

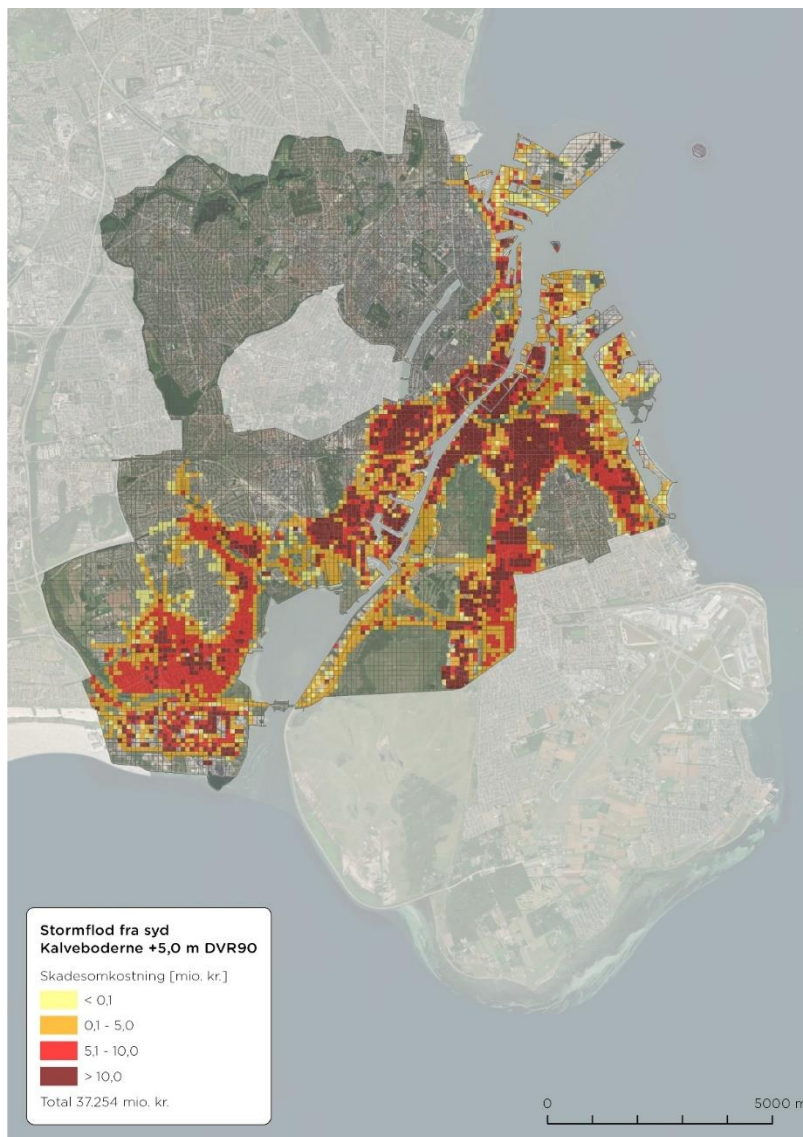
I analysen er der modelleret oversvømmelsesudbredelser ved otte forskellige vandstande i intervallet 1,5-5,0 m ved Kalvebodbroen. Allerede ved en vandstandskote på 1,5 m DVR90 oversvømmes de første ejendomme i Hvidovre Kommune, mens der ved en vandstand på omkring 2,5 m DVR90 ses de første oversvømmelser af ejendomme i den centrale del af København. Store oversvømmelsesudbredelser ses, når Avedøre Holme oversvømmes ved en vandstand over 3,25 m. Kortet på figur B viser den forventede maksimale oversvømmelsesudbredelse ved en vandstand på 5,0 m DVR90 svarende til en 2000-års hændelse i år 2100.



Figur B: Forventet maksimal udbredelse af oversvømmelser ved en 5,0 m DVR90 højvandstand svarende til en statistisk 2000-års hændelse i år 2100.

En stormflodssikring alene ved Kalvebodbroen er ikke tilstrækkelig til at undgå oversvømmelser af Hvidovre og Københavns Kommuner. Der opnås i dette tilfælde kun et sikringsniveau på omkring 3,0 m DVR90 svarende til den laveste eksisterende sikringskote i den sammenhængende sikring mod stormfloder fra syd.

Med baggrund i oversvømmelseskortene er der inden for Hvidovre og Københavns Kommuner beregnet skadesomkostninger for en række forskellige typer af beboelsejendomme, erhverv, infrastruktur anlæg og sygdom for hver af de otte analyserede oversvømmelseshændelser. De beregnede skadesomkostninger ligger i intervallet fra ca. 12 mio. kr. ved den lave oversvømmelseshændelse på 1,5 m DVR90 til ca. 37 mia. kr. ved den højeste oversvømmelseshændelse på 5,0 m DVR90. På figur C er fordelingen af skader og tab vist ved en vandstand på 5,0 m DVR90 svarende til en 2000-års hændelse i år 2100. Skades- og tabsopgørelserne indgår i de samfundsøkonomiske beregninger foretaget af Incentive.



Figur C: Fordelingen af skader og tab ved 5,0 m DVR90 svarende til en 2000-års hændelse i år 2100.

Ud over de beregnede skadesomkostninger er det kvalitativt vurderet, i hvilket omfang stigende grundvand i forbindelse med stormflod kan give skader på bygninger og konstruktioner. I områder helt tæt på kysten i Københavns Kommune og i et lidt større område langs Hvidovre Kommunes kyststrækning ved Kalveboderne kan trykket fra grundvandet som en kombination af den generelle grundvandsstigning og den kortvarige stigning under stormflod blive øget, så der er risiko for, at konstruktioner kan blive løftet, eller at der kan opstå brud og revner i gulv og bundplader. Omfanget af eventuelle skader og de tilhørende omkostninger afhænger helt af de lokale forhold og den specifikke konstruktions udformning.

De samlede anlægsomkostninger til at sikre Hvidovre Kommune og Københavns Kommune mod stormflod fra syd til en højvandshændelse på 5,0 m DVR90 ved Kalvebodbroen er overordnet estimeret til mellem 1.601-3.155 mio. kr. Dette er fordelt med 1.096-2.650 mio. kr. i Hvidovre og Københavns Kommuner og 505 mio. kr. for anlæg, der skal udføres i tilknytning til eller i samarbejde med Tårnby Kommune og eventuelt Dragør Kommune. Overslaget for stormflodssikring ved

Dragør og Tårnby Kommuner er delvist baseret på skøn, da placering, type og omfang ikke er særligt godt kendt på nuværende tidspunkt.

2. INDLEDNING

Hvidovre Kommune og Københavns Kommune har igangsat et tværkommunalt samarbejde hen mod at etablere en løsning, der skal forhindre oversvømmelser i kommunerne, når havvandet stiger ved stormflod fra syd. Som en del af samarbejdet er der igangsat et modningsprojekt, der skal være med til at kvalificere beslutningsgrundlaget for det senere arbejde med forslag til en fysisk stormflodssikring i Kalveboderne.

Spor 1, 2 og 3 af i alt 7 spor i modningsprojektet er gennemført i et samlet projektførløb. De tre spor omhandler:

- Spor 1: Udarbejdelse af bidragsmodel
- Spor 2: Beregning af samfundsøkonomiske konsekvenser
- Spor 3: Interessentinddragelse samt muligheder for merværdi og samordning

Denne rapport indgår som en del af spor 2 og giver input til beregning af de samfundsøkonomiske konsekvenser. Rapporten indeholder:

- Vurdering af højvandsstatistik og maksimalt højvande ved stormflod fra syd
- Vurdering af sikringsniveau for kommunerne med inddragelse af centrale infrastrukturejeres sikringsniveau.
- Modellering af oversvømmelser ved forskellige højvandshændelser
- Beregning af tabs- og skadesomkostninger ved forskellige oversvømmelsehændelser
- Kvalitativ beskrivelse af faren for skader som følge af grundvandets påvirkning af konstruktioner under en højvandshændelse
- Beskrivelse af stormflodssikringer, der skal udføres andre steder end ved Kalveboderne for at Hvidovre Kommune og Københavns Kommune samlet set kan være beskyttet mod stormfloder fra syd.

Rapportens formål er at kvalificere grundlaget for udbredelsen af oversvømmelser, beregne tabs- og skadesomkostninger som følge af oversvømmelser og bidrage til at fastsætte et validt sikringsniveau under hensyntagen til centrale infrastrukturejeres arbejde med sikringsniveauer. Resultaterne fra rapporten indgår som nævnt i arbejdet med at beregne de samfundsøkonomiske konsekvenser, der er afrapporteret i en selvstændig rapport fra Incentive, samt i arbejdet med at fastlægge bidragsmodeller, der er afrapporteret i en selvstændig rapport fra Lundgrens.

Stormflodshændelser fra nord indgår ikke i projektet. I denne rapport indgår heller ikke en analyse af konsekvenserne for de omkringliggende kommuner, der også blive ramt af oversvømmelser ved stormfloder fra syd.

3. OPGAVERAFGRÆNSNING

I spor 2 undersøges omkostningerne for samfundsøkonomiske konsekvenser ved stormfloder fra syd. Der udarbejdes en risikoanalyse, hvor nogle af de direkte økonomiske konsekvenser for Hvidovre og Københavns Kommuner er opgjort samtidig med, at større samfundsøkonomiske konsekvenser er belyst. Stormflodshændelser fra nord indgår ikke i projektet.

3.1 Skadesanalyse

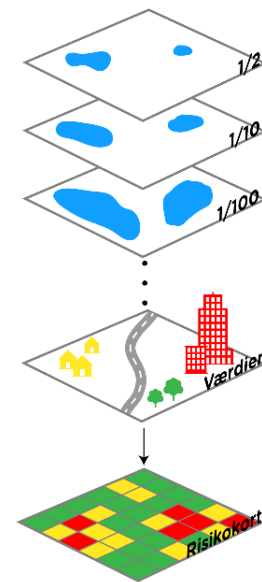
Der er udarbejdet en større risikoanalyse, hvor risiko defineres som resultatet af sandsynligheden for en konkret fare og graden af eksponering samt konsekvensen ved eksponering. Sandsynlighed angiver, hvor ofte højvande sker, mens graden af eksponering henviser til udbredelsen af oversvømmelsen. Konsekvensen hentyder til, hvor følsomt et område eller en værdi er, og hvor stor skaden eller tabet er ved eksponering.

Rambøll bidrager til risikoanalysen med en skadesanalyse alene i Hvidovre og Københavns Kommuner for hver af de modellerede stormflodshændelser. I en skadesanalyse beregnes skader og tab ved hver enkelt hændelse modsat en risikoanalyse, hvor der typisk skabes en profil af skader over flere hændelser med forskellige sandsynligheder. Risikoanalysen gennemføres af Incentive.

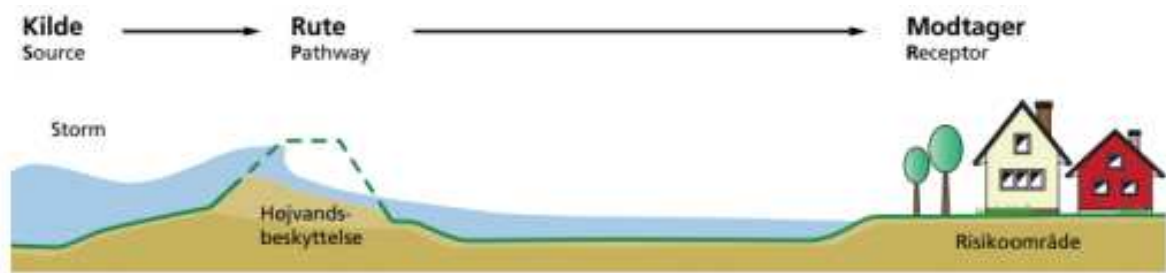
Beregningen af skader og tab foretages i praksis ved, at man for hver hændelse (p) udregner skadernes udbredelse inden for det oversvømmede område (D) og dernæst integrerer op over arealet (A):

$$\text{Skader og tab}_p = \int_A D(p) dA$$

Se også Figur 1. Figur 2 illustrerer den foretagne analyse i praksis, startende fra fareanalysen, hvor kilden relateres, til estimering af sandsynligheden for højvande og kortlægning af ruten, som kan forårsage oversvømmelse. Dernæst følger en vurdering af modtagernes udsathed og sårbarhed og dermed konsekvenserne ved oversvømmelse.



Figur 1: Skader er resultatet af sandsynligheden og eksponeringen af en hændelse samt konsekvensen ved eksponering af området.



Figur 2: Tematisk opbygning af risikoanalysen [1]

Det udførte arbejde danner grundlag for og bidrager til de videre analyser omkring økonomiske tab og skader, der opstår som følge af stormflod. For at sikre, at analysen nærmere kan belyse, om investeringen i stormflodssikring af Hvidovre og Københavns Kommuner står mål med risici, skal der være fokus på, hvor udsatte og sårbare værdierne er under forskellige stormfloder.

3.2 Scenarier

I denne opgave er der opstillet og analyseret følgende to scenarier, som indgår i de samfundsøkonomiske konsekvensberegninger:

- a) Nuværende situation: Ingen yderligere højvandsbeskyttelse af Hvidovre og Københavns Kommuner
- b) Stormflodssikring af højvande fra syd - både Kalvebodssikringen og anden nødvendig stormflodssikring langs kommunegrænserne etableres, så der ikke sker oversvømmelser op til designkoten.

Der er endvidere opstillet et ekstra scenarie, hvori kun Kalvebodssikringen etableres i syd uden yderligere stormflodssikring langs kommunegrænserne. Dette scenarie indgår ikke i de samfundsøkonomiske beregninger, men er hydraulisk modelleret, for at vise, hvilken beskyttelse Kalvebodssikringen alene vil give i forhold til oversvømmelser fra stormfloder fra syd uden yderligere stormflodssikring af Hvidovre og Københavns Kommuner.

4. OVERSVØMMELSESBEREGNINGER

4.1 Forudsætninger

Som en del af skadesanalysen analyseres sandsynligheden for, at der vil forekomme højvande, som giver oversvømmelse af landskabet. Foruden estimeringen af højvandshændelsernes gentagelsesperioder, estimeres de tilhørende oversvømmelsesudbredelser og -dybder. Der lægges derfor vægt på et solidt statistisk datagrundlag samt en god beskrivelse af terræn og vandets bevægelse gennem landskabet.

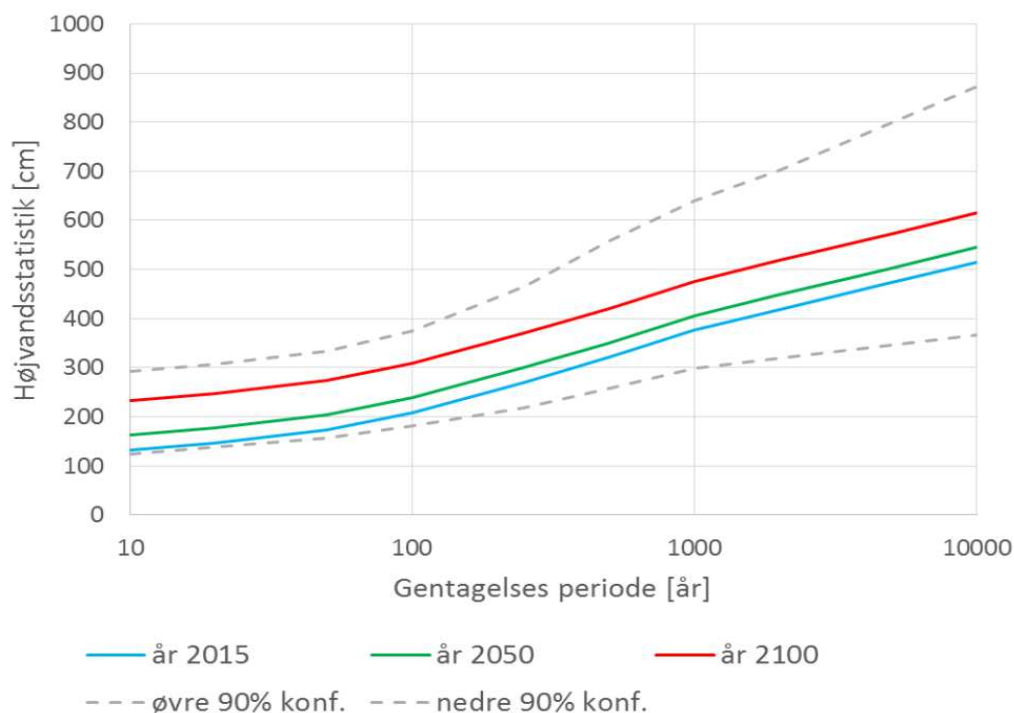
4.1.1 Højvandsstatistik

For at kunne estimere sandsynligheden for oversvømmelse skal højvandshændelser kortlægges. Komponenter, som indgår i dette analysearbejde, er:

- udarbejdelse/gennemgang af højvandsstatik
- estimering af klimaforandringernes påvirkninger
- inkludering af estimater for landhævning og korrigerig for lokale sætninger.

I Danmark udarbejdes gennemsnitlig hvert 5. år en national højvandsstatik af Kystdirektoratet. Denne statistik medtager målte danske vandstandsdata. Kystdirektoratets seneste statistik vurderes ikke at være retvisende for sjældne højvandshændelser, da datagrundlaget ikke dækker en tilstrækkelig lang periode, hvor der har været registreret større stormfloder. Grundlaget er således ikke solidt nok til at estimere de ekstreme højvandstande. Rambøll vurderer derfor i lighed med tidligere analyser udført af COWI og DMI, at Kystdirektoratets højvandsstatistik ikke bør benyttes for ekstreme højvandshændelser.

I 2016 indsamlede og bearbejdede COWI data fra andre Østersølande samt supplerede målte vandstandsdata med historiske oplysninger [2]. Dette arbejde førte til en korrigerig af den nationale højvandsstatistik for Køge Havn, hvor særligt vurderingen af sandsynlighederne for ekstreme hændelser blev forbedret. Trods supplerig fra litteraturen og yderligere måledata er statistikken fortsat forbundet med betydelige usikkerheder omkring fastlæggelsen af de ekstreme højvandsværdier grundet 'fitting' af fordelingerne. Særligt de ekstreme højvandshændelser er forbundet med større usikkerheder. Dette skyldes, at de sjældne gentagelsesperioder, modsat hyppige gentagelsesperioder, i sagens natur er underrepræsenteret i statistikken og fremkommet ved ekstrapolering af sandsynlighedsfordelingen. På figur 3 er vist COWI's korrigerede højvandsstatistik.

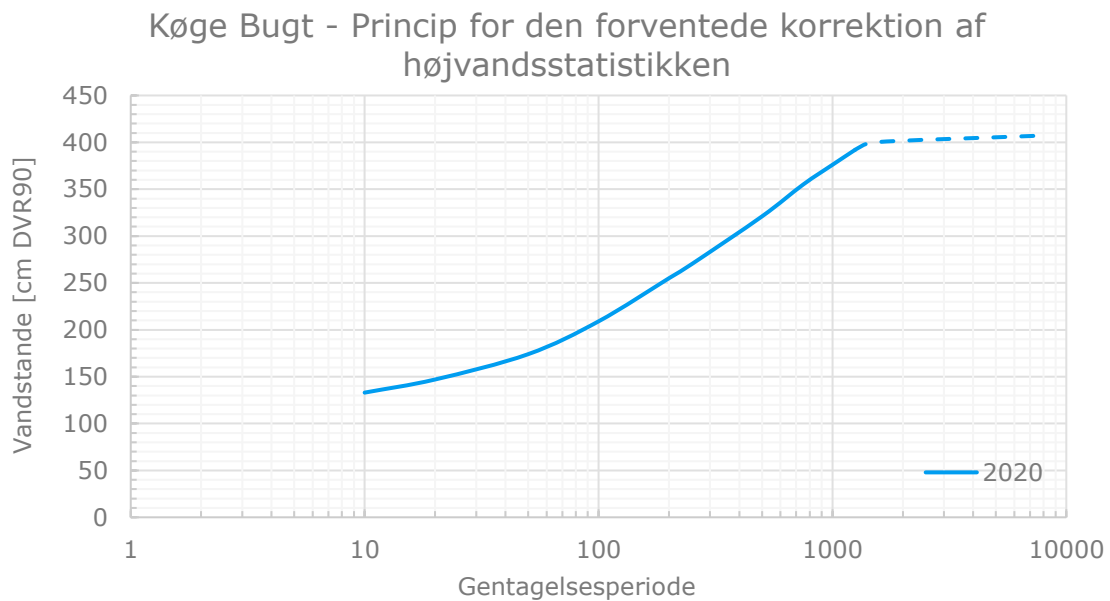


Figur 3: COWI's højvandsstatistik [2]

DMI har desuden vurderet, at de fysiske begrænsninger i stormflodshøjden og -udbredelsen som følge af forholdene i området ikke er tilstrækkelig vurderet, og en yderligere korrektion af COWI's udarbejdet højvandsstatik er nødvendig [3]. DMI vurderer i deres analyse (med forbehold om yderligere beregninger og statistisk analyse), at en stormflod ved Kalveboderne grundet de fysiske forhold i Øresund og Køge Bugt sandsynligvis ikke vil overstige 3,5-4,1 m i nuværende klima svarende til en vandstand på 4,4-5,0 m om ca. 80 år. Dette er et øvre estimat inden for 95% konfidensintervallet, hvorfor det fortsat er konservativt betragtet. (Et konfidensinterval på 95% betyder, at 95% af alle estimerede data for vandstandene ligger inden for konfidensintervallets afgrænsning).

På baggrund af DMI's studier forventes der at være en øvre grænse for, hvor høj vandstanden i Køge Bugt kan blive, hvorfor forudsætningen om kontinuerlig eksponentiel udvikling ikke gælder. Det formodes i stedet, at kurven trunkerer og dermed flader ud. Datagrundlaget og den statistiske analyse heraf formodes i stedet at følge en Sigmoid-funktion, hvilket karakteriseres som en S-kurve. Formen af kurven gældende for højvandsstatistikken ved Køge Bugt er endnu ikke kendt, og usikkerhederne forbundet med estimererne er associeret med konfidensintervallerne som en funktion af usikkerheden for datagrundlaget og analyseperioden. Et større datagrundlag, en nærmere datagennemgang og en statistisk analyse er derfor nødvendig for at kunne estimere ekstreme hændelser nu og i fremtiden. Dette har ikke indgået i det aktuelle projekt.

På figur 4 er vist et princip for en S-kurve, der viser den forventede korrektion af højvandsstatistikken. Som det fremgår af princippet for S-kurven for den forventede fremtidige korrektion af højvandsstatistikken, forventes der ikke at være stor forskel i højvande på højvandshændelser med en gentagelsesperiode på over 1000 år. I et nutidigt klima svarer det til, at højvandshændelser med gentagelsesperioder over 1000 år vil ligge med en vandstand omkring 4,0 m DVR90.



Figur 4: Princip for den forventede korrektion af Køge Bugt højvandsstatistik repræsenterende stormfloder fra syd som rammer Hvidovre og Københavns Kommuner.

I arbejdet omkring stormflodssikring af København [4] er det politisk vedtaget for Københavns Kommune, at der arbejdes med et kommunalt sikringsniveau for en statistisk 1000-års hændelse i år 2100, men at sårbar kritisk infrastruktur kan sikres yderligere, hvis infrastrukturejerne arbejder med højere sikringsniveauer. I denne opgave er det derfor undersøgt, hvilke sikringsniveauer der anvendes for de større infrastrukturejere i København og Hvidovre Kommuner, der også arbejder med sikring mod stormfloder op til meget ekstreme gentagelsesperioder. Ligeledes er analysen søgt koordineret med arbejdet i sporet omkring det miljøtekniske løsningsrum (en del af modningsprojektets andre spor).

I området findes bl.a. Sund & Bælt A/S, Vejdirektoratet, HOFOR, BIOFOS, RADIUS, Banedanmark, Københavns Lufthavn og Metroselskabet I/S, som i større eller mindre grad arbejder med stormflodssikring af egne aktiver som et muligt alternativ til større fællesløsninger.

Metroselskabet arbejder eksempelvis aktivt med sikring til ekstreme gentagelsesperioder for stormfloder, og dermed en vejledende sikringskote på 4,5-5,0 m DVR90 ved Skrædderholm [5]. Metroselskabets designkriterie har indtil nu været en 2000-års hændelse i 2050 (68% fraktil modsat 50% fraktil, som Københavns Kommune har arbejdet med i Stormflodsplanen) svarende til en vandstandskote på 5,27 m DVR90 (Interview med Metroselskabet I/S), men Metroselskabet er pt. ved at revurdere deres sikringsniveau. Såfremt Metroselskabet fremover arbejder efter en vandstandssikringskote på 4,5-5,0 m DVR90 ved Skrædderholm i år 2100, svarer det ca. til en 1000-2000-års hændelse i år 2100 (50% fraktil), jf. højvandsstatistikken.

I COWI's igangværende opgave omkring det miljøtekniske løsningsrum undersøges og prissættes løsninger med en kronkote svarende til et sikringsniveau tættere på Metroselskabet ønsker. Ved Kalveboderne undersøges således en samlet sikringskote på 6,65 m DVR90 svarende til en forventet maksimal højvandstand på 5,0 m DVR90 plus bølgetillæg på 1,65 m. Dette svarer som nævnt til en 2000-års højvandstand om ca. 100 år.

Rambøll vurderer på baggrund af den nyeste viden og diskussion af det nuværende statistiske datagrundlag fra COWI, at højvandsstatistikken repræsenterende Køge Bugt er gældende inden for

analysens udvalgte analyserede vandstande. Det bemærkes dog, at vi bevæger os på grænsen af gyldigheden for COWI's korrigerede højvandsstatik for de medtaget ekstreme højvande.

På baggrund af ovenstående vurderinger har Rambøll i samarbejde med Hvidovre og Københavns Kommuner besluttet, at den maksimale vandstand, der analyseres i denne opgave, er 5,0 m DVR90 ved Kalveboderne svarende til en gentagelsesperiode på ca. 2000 år i 2100. Således omfavnes flere interessenters ønsker om stormflodssikring. Ændres prognoserne for højvande i fremtiden, så der kan forventes større havspejlstigninger, eller hvis analyseperiodens længde øges, kan der forekomme højere vandstande end de analyserede, og som derfor ligger uden for den korrigerede højvandsstatistik's gyldighedsområde.

I indeværende analyse vurderes farebilledet over tid, og ændringerne i middelvandspejlsniveauet er derfor medtaget i estimeringen af de centrale højvandsestimater. Middelvandspejlet stiger langsomt, men de igangværende og fremtidige klimaforandringer vil accelerere havspejlsstigningerne frem mod det 22. århundrede, grundet de stigende afsmeltninger af is ved polerne og gletsjere. Vurderingen for estimeringen af de fremtidige havspejlstigninger tager afsæt i tidligere analyser og prognoser. I indeværende analysearbejde er benyttet en havspejlstigning på 1 m frem mod 2100 fra år 1990 [6].

DMI vurderer på nuværende tidspunkt, at ændringer i vindforhold ikke vil give øget vandstand ved ekstreme højvande i indre danske farvande [7], hvorfor højvandstande ikke korrigeres for øget vindbidrag. Landhævning og sætninger varierer lokalt, men overordnet set pågår en landhævning i København og Hvidovre Kommuner i omegnen af 1,26 mm pr. år [2].

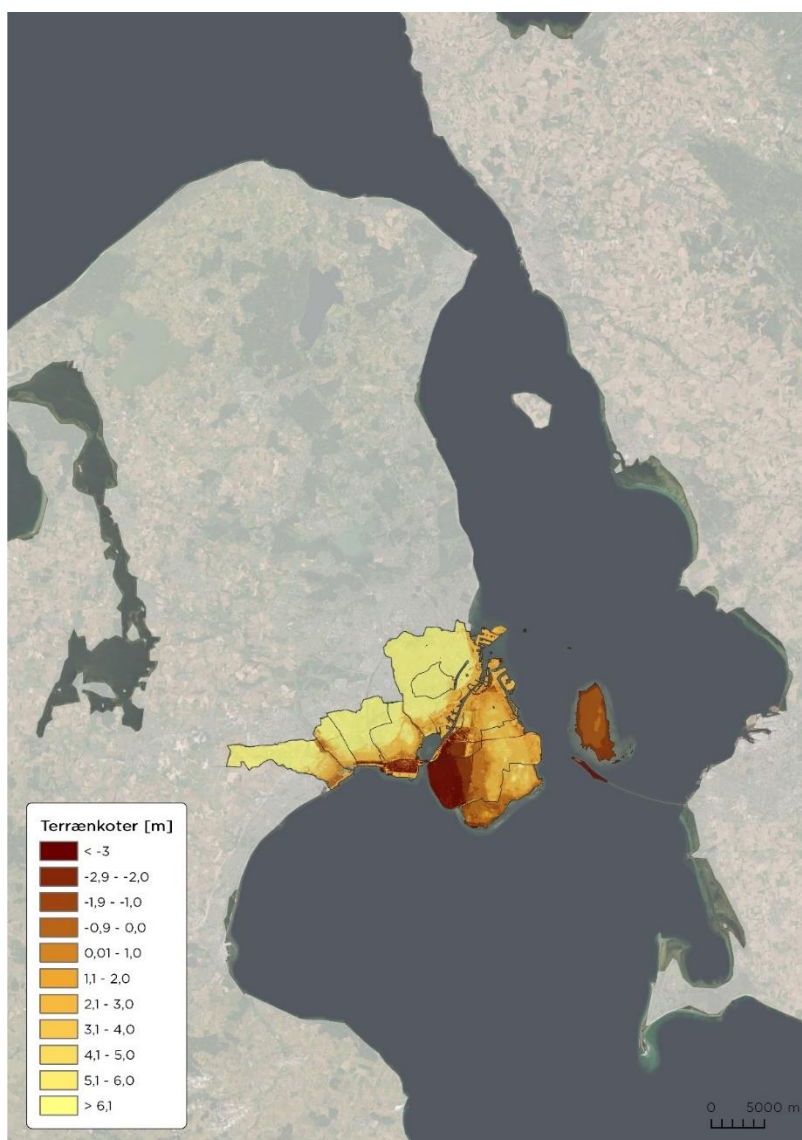
Tabel 1 viser de vandstandskoter, som indgår i analysen. Vandstandskoterne relateres til den estimerede gentagelsesperiode i det respektive år. Som eksempel er de estimerede højvandstandskoter og tilhørende statistiske gentagelsesperioder for år 2020 og 2100 fremhævet i tabellen.

Tabel 1: Højvandsstatistik

Køge Havn – Reference for stormfloder fra syd	Vandstande [m DVR90]							
	1,5	1,75	2,0	3,0	3,5	4,25	4,5	5,0
Statistisk gentagelsesperiode, 2020	20	50	80	400	700	>2000	-	-
Statistisk gentagelsesperiode, 2100	<<1	<1	<5	120	225	600	1000	>2000

4.1.2 Terrænforhold

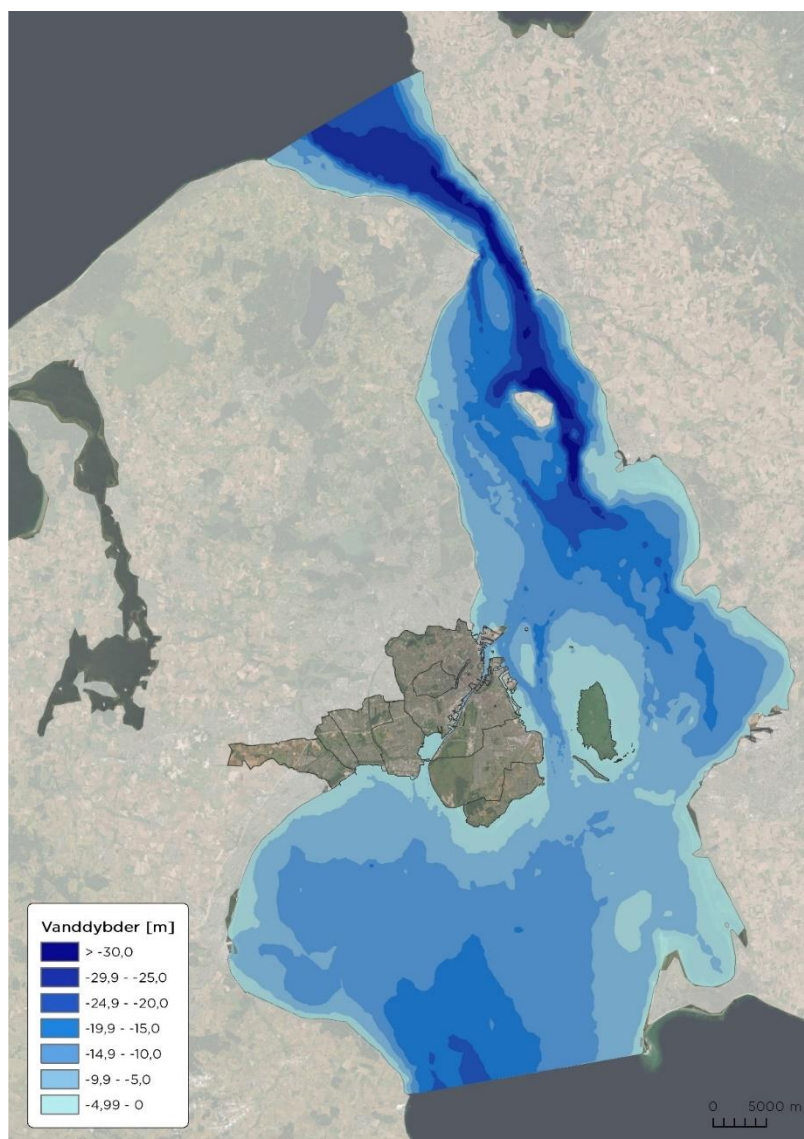
Terrænmodellen, der er benyttet til de hydrauliske oversvømmelsesberegninger, tager udgangspunkt i Danmarks højdemodel stillet til rådighed af Styrelsen for Data og Effektivisering (SDFE). Højdemodellen har en opløsning på 0,4 m × 0,4 m og danner grundlag for det interpolerede net af beregningsceller. Foruden brugen af data fra den landsdækkende højdemodel er beregningsgrundlaget suppleret med det udbyggede Ullerupdige og de tiltænkte diger ved Harrestrup Å samt korrigeret på udvalgte lokaliteter med bropassager og viadukter for at sikre vandets strømningsvej. Den anvendte terrænmodel fremgår af Figur 5.



Figur 5: Terrænmodel

4.1.3 Dybdeforhold

Beskrivelse af dybdeforholdene på søterritoriet tager udgangspunkt i SDFEs farvandsopmålinger suppleret med oplysninger fra Søkort samt data fra European Marine Observation and Data Network (EMODnet) dækkende internationale farvande [8] jf. Figur 6.



Figur 6: Dybdemodel

Som følge af udformningen af Øresund er der en række karakteristiske strømningsforhold, som gør sig gældende; særligt over Drogden/Limhamn-tærsklen, som indsnævrer og begrænser strømmingen i tværsnittet mellem Dragør og Malmø.

4.2 Hydrauliske oversvømmelsesberegninger

Hydrauliske modeller er opsat for regionen omkring Øresund og Køge Bugt for at kunne beskrive strømningsforholdene og dermed dynamikken under stormflod. Modellerne dækker foruden Øresund og Køge Bugt arealer inden for Københavns, Hvidovre, Tårnby, Dragør og Brøndby Kommuner. De hydrauliske oversvømmelsesberegninger er modelleret i 2D ved brug af MIKE21FM software fra DHI.

4.2.1 Modelbeskrivelser

Der er opsat to forskellige numeriske oversvømmelsesmodeller, hvoraf resultaterne for den ene, benævnt statusmodellen for nuværende situation, danner grundlag for de videre økonomiske analyser af omkostningerne ved ikke at stormflodssikre. Den anden model belyser, hvad faren er ved

kun at etablere stormflodssikring ved Kalveboderne uden yderligere stormflodssikring i de to kommuner eller i nabokommunerne. Denne hydrauliske modelopsætning er ikke brugt videre i de økonomiske analyser. Der er således ikke opsat en hydraulisk model for scenariet, hvor der er fuld sikring mod stormfloder fra syd.

De to hydrauliske modeller er yderligere beskrevet i de følgende afsnit.

Hydraulisk model – Nuværende situation: Ingen yderligere stormflodssikring mod højvande fra syd

En modelopsætning beskrivende nuværende situation, hvor der ikke etableres yderligere stormflodssikring end de i dag kendte anlæg. Situationen beskriver altså status quo og giver dermed indblik i sandsynligheden for oversvømmelse og dermed risikoprofilet.

Hydraulisk model – Kun stormflodssikring ved Skrædderholmen, Kalveboderne

En modelopsætning kun indeholdende stormflodssikring af åbningen til Kalveboderne ved Skrædderholmen og ingen yderligere stormflodssikring. Modellens formål er at bidrage til at belyse vigtigheden af en sammenhængende stormflodssikring af Hvidovre og Københavns Kommuner samt etablering af yderligere sikring i de to kommuner og/eller nabokommuner.

4.2.2 Modeldomæne

De hydrauliske modeller har samme geografiske udbredelse og dækker som nævnt i afsnit 4.2 Øresund og Køge Bugt samt oversvømmelsestruede arealer inden for Københavns, Hvidovre, Tårnby, Dragør og Brøndby Kommuner. Modellerne er afgrænset i nord ved Gilleleje og Höganäs i Sverige og i syd ved Sigerslev på Stevns og Falsterbro i Skåne. Modeldomænet er opsat, så de særlige strømningsforhold og varierende vandstandsrelationer, som gør sig gældende, beskrives tilstrækkeligt.

Beregningsarealet i de hydrauliske modeller er opbygget med kendte terrænkoter, dybdeforhold og kystbeskyttelses anlæg. Modellerne er opsat med varierende beregningsceller, så arealer inden for Hvidovre og Københavns Kommune er prioriteret. I praksis betyder det, at større beregningsceller tillades over vand end på land for at optimere beregningstiden og for at sikre sen største nøjagtighed på land, hvor skaderne skal vurderes.



Figur 7: Modeldomæne – Beregningsareal

4.2.3 Begrænsende tekniske konstruktioner

Vandstandsforholdene i Københavns Havn er styret af strømningerne over Drogden-tærsklen, og påvirket af de tekniske konstruktioner som Kalvebodbroerne, Jernbanebroen, Sjællandsbroen, stigbordene, Bryggebroen, Langebro, Lille Langebro, Knippelsbro, Inderhavnsbroen og Trekroner. Konstruktionerne er derfor implementeret i modelopsætningen. Implementeringen af konstruktionerne i de hydrauliske modeller gennemgås nærmere i Bilag 1. Konstruktionerne virker begrænsende på vandstrømningen og medfører et vandstandsfald ind gennem havnen – særligt ved stormflodshændelser på 12 timer og kortere. Det er værd særligt at bemærke, at stigbordene skaber den største hydrauliske hindring med et markant vandstandspejl til følge. Dernæst Sjællandsbroen. Som reference til udvalgte lokaliteter er stednavne og deres indbyrdes afstand listet i Tabel 2.

Tabel 2: Afstande fra Kalvebodbroen op igennem Københavns Havn til Nordhavn – Oceankaj

Afstand fra Kalvebodbroen [km]	Stednavne - konstruktioner
0	Kalvebodbroen
~ 3,79	Jernbanebroen
~ 3,99	Sjællandsbroen
~ 4,17	Stigbordene
~ 6,43	Bryggebroen
~ 7,68	Langebro
~ 7,77	Lille Langebro
~ 8,38	Knippelsbro
~ 9,02	Inderhavnsbroen
~ 12,52	Trekroner Fortet

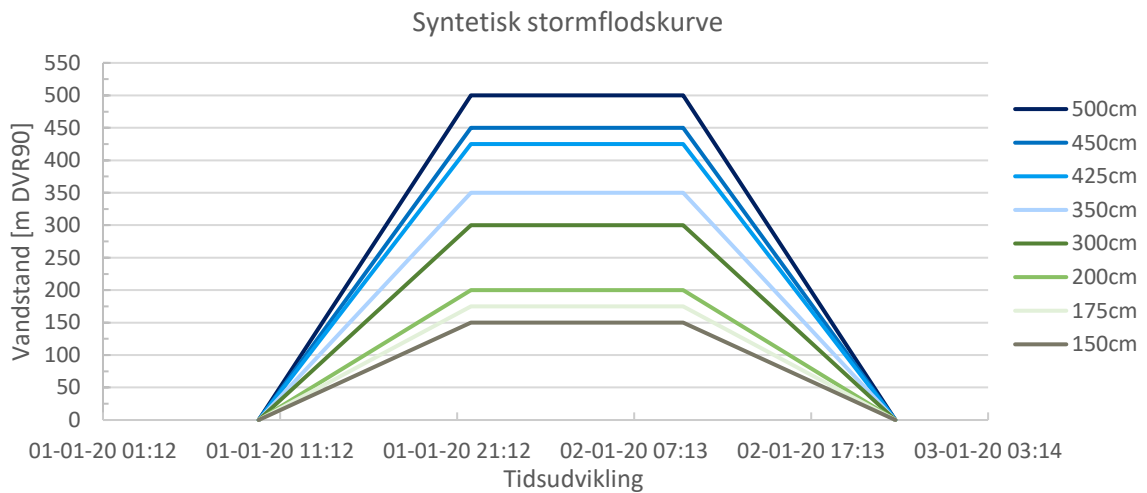
4.2.4 Modelrandbetingelser

De hydrauliske modeller er opstillet med en nordlig og sydlig randbetingelse. Der er modelleret højvande fra syd, mens den nordlige rand er sat til det daglige vandspejl. Dette er en simplificering af virkeligheden, hvor der forventes at være et stærkt faldende vandspejl og til tider negativ vandspejlskote op gennem Øresund, grundet de større vandstrømninger der presses op igennem Øresund og Kattegat. En større sensitivitetanalyse af den nordlige modelrands indflydelse på vandstande omkring København og Hvidovre er ikke undersøgt inden for denne opgave. Kun indledningsvist under kalibreringsfasen er der kørt to modelkørsler med en vandstandskote fra syd på 1,3 m ved Kalveboderne, hvor forskellen var en nordlig modelrand med et vandspejl på henholdsvis 0,0 m og -0,5 m. Beregningen viste ikke vandstandsforskel omkring Storkøbenhavn. Der skal gennemføres en mere omfattende analyse af modellerede større stormfloder for at belyse, om kraftige strømninger ud igennem Øresund og Kattegat kan forårsage, at vandstanden falder særligt omkring Amagers kyst.

Der er modelleret otte højvandshændelser fra syd svarende til de angivne højvandstande i Tabel 1. Højvandshændelserne fra syd er analyseret med en antaget form af 36 timers varighed fordelt på 12 timers opbygning, 12 timer maksimal vandstand og 12 timers aftagen. Dette er en konservativ betragtning, der svarer til de tidligere beregninger udført i bl.a. Københavns Kommunes Stormflodsplan.

Den modellerede stormflodskurve er en simplificering af virkeligheden. For at kunne sammenligne med tidligere studier undersøges effekterne af den antagne form af højvandshændelsen ikke. Varigheden af stormen og peakstørrelse har indflydelse på oversvømmelsesudbredelsen. En analyse af oversvømmelsesfaren ved forskellige varigheder vil kunne belyse sensitiviteten og nuancere risikoanalysen betragteligt. Yderligere analyse af varigheden er ikke analyseret i denne opgave.

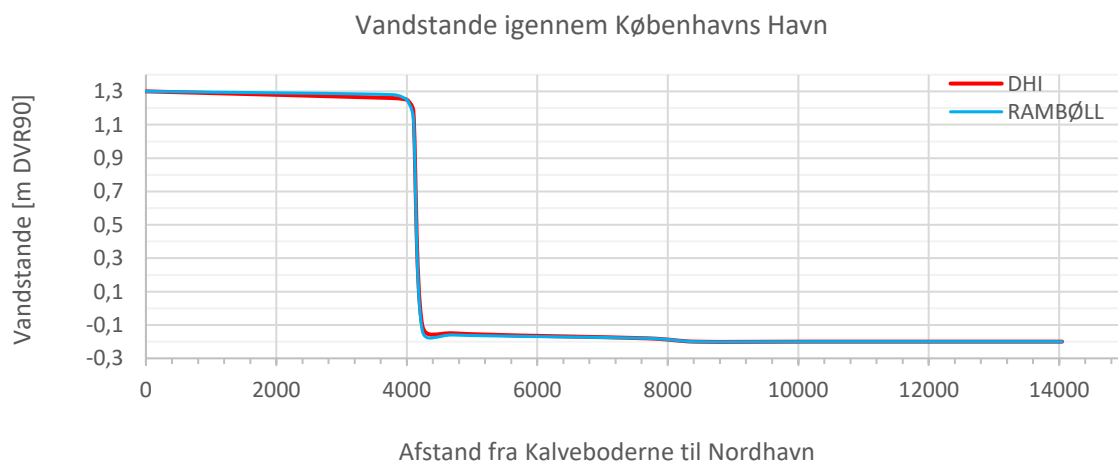
Figur 8 illustrerer de benyttede syntetiske stormflodskurver.



Figur 8: Syntetiske stormflodskurver benyttet til modellering

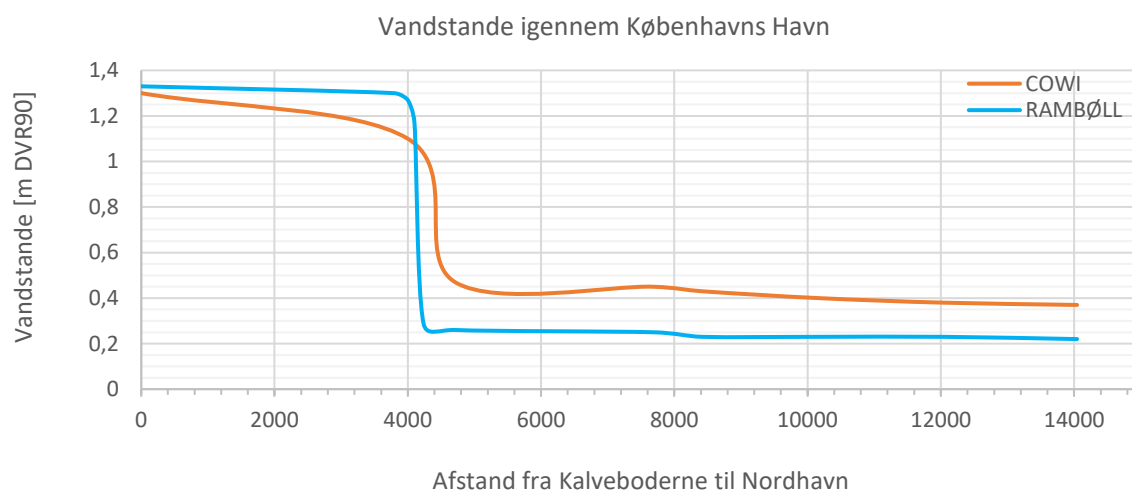
4.2.5 Modelkalibrering

Kalibrering af modelopsætningen er foretaget i relation til andre kendte, tilgængelige studier. DHI har eksempelvis undersøgt vandstandsforholdene i Københavns Havn og muligheden for at de influerer stormflodsvandstandene. I DHI's studie fra 2015 er der lavet et detailstudie af stigbordene og slusens effekt på gennemstrømningen og dermed vandstandsforskellene opstrøms og nedstrøms for stigbordene og slusen [9]. Denne analyse giver en indsigt i, hvordan havnekonstruktionerne op igennem Københavns Havn influerer på vandstandene. Det bemærkes, at modelopsætningen i DHI's analyse ikke indeholder hele Øresund, hvorfor modellen til denne sammenligning er tilpasset til at dække samme beregningsareal. Figur 9 viser resultaterne fra modelkørslerne, og der er en fin overensstemmelse imellem de to modelopsætninger, hvor en vandstandshændelse på 1,30 m i Kalveboderne og -0,2 m i Nordhavn er modelleret. Modelopsætningerne beskriver samme virkning af vigtige konstruktioner som eksempelvis stigbordene, som forårsager et kraftigt fald i vandstande.



Figur 9: Vandstande jf. kalibreringsøvelse i relation til DHI's studie [9]

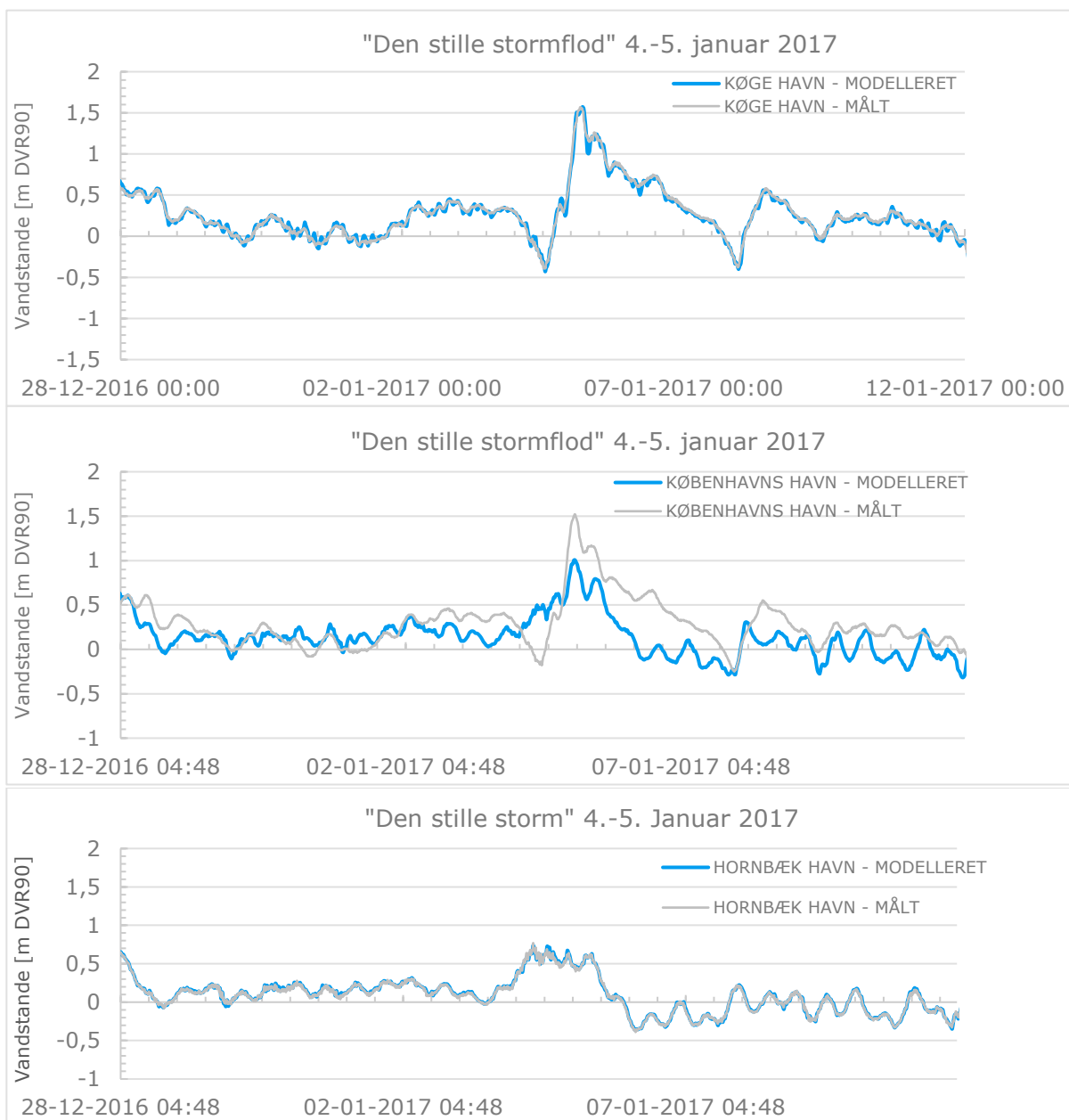
Idet DHI's studie ikke omfatter en modelopsætning for hele Øresund, undersøges yderligere modelkørsler med samme beregningsareal og vandstandsforudsætninger. Modellen er derfor også sammenlignet med tidligere studier udført af COWI, hvor modelområdet er sammenligneligt. COWI har eksempelvis for Regnvandsforum i 2019 modelleret en hændelse på 1,43 m DVR90 i Køge resulterende i en vandstand på 1,3 m DVR90 ved Kalvekoderne. For dette scenarie er det derfor muligt at sammenligne de modellerede vandstande igennem Københavns Havn og Amager. I Figur 10 ses de modellerede forskelle i vandstandskoter igennem Københavns Havn.



Figur 10: Vandstande jf. kalibreringsøvelse i relation til COWI's studie

Modsat før ses der en større variation mellem modellerne. I det udvidet modeldomæne med Øresund inkluderet er faldet i vandstande over stigbordene og generelt igennem Københavns Havn mindre, hvilket skyldes, at strømningerne over Drogden-tærsklen indvirker særligt på de nordlige vandstande og dermed på gradienten ind igennem Københavns Havn.

For yderligere at validere modelopsætningen er "Den stille stormflod" fra 4-5. januar 2017 modelleret. "Den stille stormflod" var kendetegnet ved forhøjede vandstande i Østersøen grundet blæst fra nordvest og sydvest. Dernæst opstod et lavtryk med vinde fra nordøst. Dette forårsagede højvande i Køge Bugt omkring 1,5 m DVR90 svarende til en statistisk 20-års hændelse [10]. Figur 11 viser henholdsvis de målte og modellerede vandstande i dagene før, under og efter stormen.



Figur 11: Modellerede vandstande versus målinger fra vandstandsstationer ved "Den stille stormflod" 4.-5. januar 2017 for henholdsvis Køge Havn, Københavns Havn og Hornbæk Havn.

Modellen kan for størstedelen af de målte vandstande i Hornbæk Havn, Københavns Havn og Køge Havn reproducere acceptable vandstande. De største forskelle ses i Københavns Havn, hvilket er forventeligt på grund af kompleksiteten i havneudformningen.

Modellen er ikke kalibreret yderligere i forhold til kendte større stormhændelser, men vurderes at repræsentere forholdene, som gør sig gældende under stormflod.

4.3 Oversvømmelser uden stormflodssikring

I kortlægningen af faren er sandsynligheden for højvande og oversvømmelse analyseret for udvalgte hændelser jf. Tabel 1. Vandstande ved udvalgte lokaliteter for de analyserede højvands-hændelser ses i Tabel 3.

Tabel 3: Modellerede vandstandskoter igennem Københavns Havn fra Kalveboderne til Nordhavn

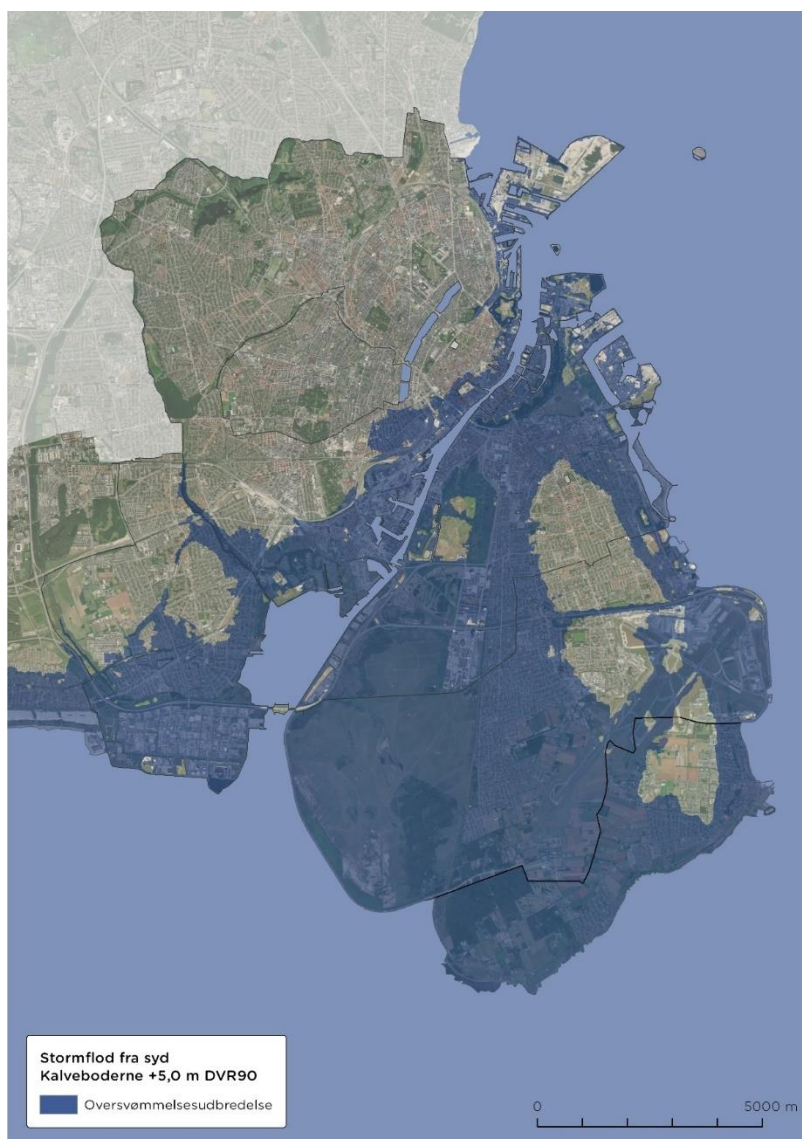
Vandstande [m DVR90]								
Nordhavn - Oceankaj	0,38	0,47	0,59	1,08	1,37	1,62	1,81	2,43
Sluseholmen - Nord for stigbordene	0,60	0,70	0,85	1,51	2,20	2,30	3,46	4,44
Kalvebodløbet - Syd for Jernbanebroen	1,41	1,67	1,91	2,94	3,32	4,07	4,39	4,65
Kalveboderne - Avedøre Holme	1,50	1,75	2,00	3,00	3,50	4,25	4,50	5,00

Efter ønske fra kommunerne afbildes en nutidig og fremtid hændelse i relation til den nye, opjusterede stormflodssikringsdesignkote ved Kalveboderne på 5,0 m. Grundet den ukendte form for ekstremværdistatistikken kendes det præcise niveau for en nutidig statistisk 2000-års hændelse ikke. Det er derfor besluttet at benytte en vandstand på 4,25 m ved Kalveboderne til at repræsentere en statistisk nutidig 2000-års hændelse.

Nedenfor ses to figurer, som viser henholdsvis højvande ved en 4,25 m middelvandstand svarende til en statistisk 2000-års hændelse i år 2020 samt den forventede maksimale oversvømmelsesudbredelse for scenariet med en middelvandstand i kote 5,0 m DVR90 i år 2100 svarende til designhændelsen for stormflodssikring ved Kalveboderne. De resterende analyserede højvands-hændelsers maksimale oversvømmelsesudbredelser samt nedenstående to hændelser er gengivet i større format i Bilag 1.



Figur 12: Forventet maksimal oversvømmelsesudbredelse for 4,25 m DVR90 middelvandstand svarende til en statistisk >2000-års hændelse i år 2020.



Figur 13: Forventet maksimal oversvømmelsesudbredelse for 5,0 m DVR90 middelvandstand svarende til en statistisk 2000-års hændelse i år 2100.

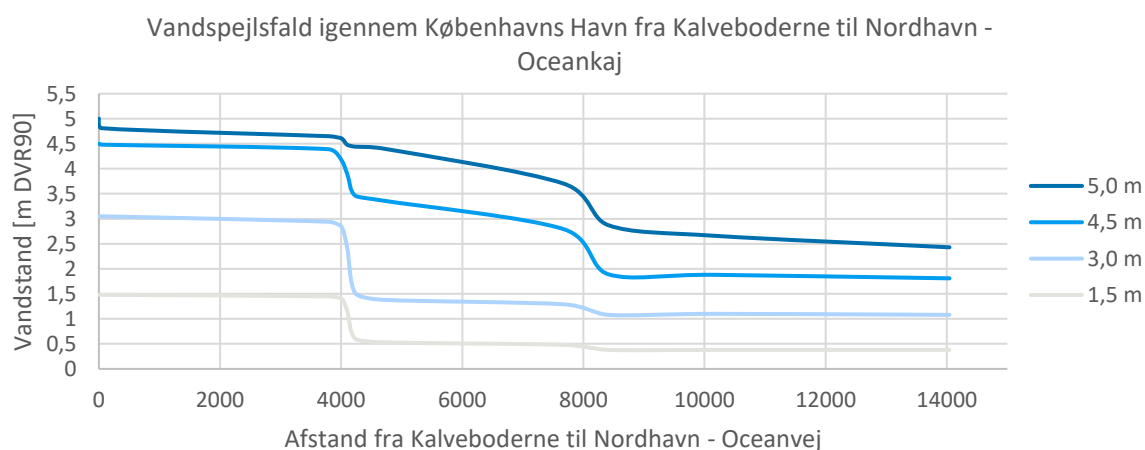
Ud fra de forskellige stormflodshændelser beskrives udviklingen i stormflodsvandstande i området. Det observeres, at der er tydelige tærskler i landskabet, som forårsager store oversvømmelser, hvis de overskrides. Repræsentationen af vandets vej igennem landskabet er derfor helt essentiel for udbredelsen af oversvømmelserne, efterfulgt af varigheden på stormen og dermed muligheden for at trænge ind i land. Allerede fra de første analyserede vandstandskoter på 1,5-1,75 m oversvømmes de første parcelhuse og villaer i Hvidovre Kommune. Først ved vandstande større end 2,5 m DVR90 oversvømmes bebyggelser i Københavns Kommune.

De store spring i oversvømmelsesudbredelse kommer ved oversvømmelse af Avedøre Holme og Sydhavnen og senere Sluseholmen og Teglnholmen, som begynder fra vandstandskoter ved Kalveboderne fra 3,0-3,5 m. Ved vandstande større end disse koter forplanter oversvømmelsen sig ind over Amager, og store arealer oversvømmes.

Det bemærkes, at Renseanlæg Damhusåen, som er en del af Lynettefællesskabet, oplever de første oversvømmelser på matriklen ved lokale vandstande fra 2,0 m. Tekniske anlæg rammes fra 2,5 m.

Som beskrevet tidligere har udformningen af Københavns Havn indflydelse på forplantningen af oversvømmelsesudbredelsen. Særligt stigningene har væsentlig indflydelse på vandstanden i Københavns Havn. Den indsnævret passage medfører forøget strømningsmodstand, hvilket bevirker et vandstandsfall hen over stigningene.

Brokonstruktionernes indvirken på vandstandsforskellene igennem Københavns Havn bliver mindre, jo højere stormflodsvandstandene er. Som eksempel er udvalgte modelleret vandstande vist på Figur 14. Som reference til udvalgte lokaliteter er stednavne og deres indbyrdes afstand listet i Tabel 2.



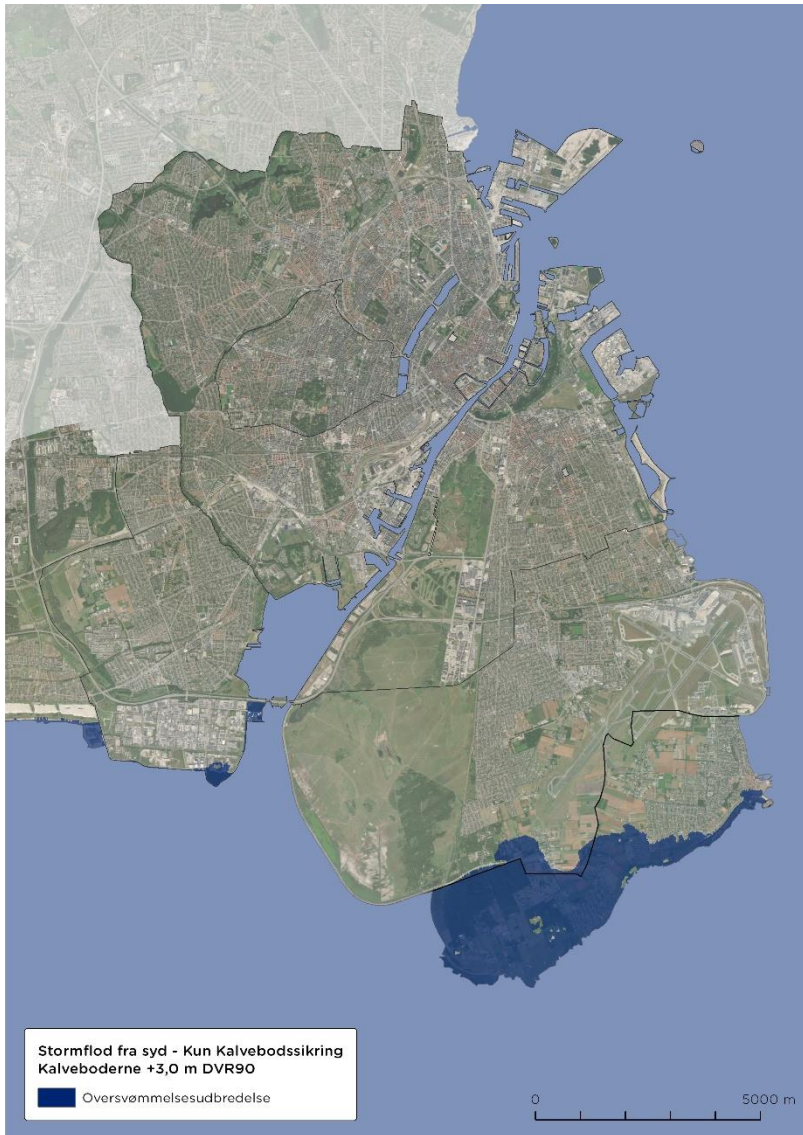
Figur 14: Vandstandsforskelle igennem Københavns Havn under udvalgte stormflodshændelser. De markante fald i vandspejlet skyldes påvirkning af strømmingen fra fx stigningene og Knippelsbro

4.4 Oversvømmelser, hvis kun stormflodssikringen ved Kalveboderne anlægges

Dette afsnit beskriver scenariet, hvor kun Kalvebodssikringen etableres uden øvrige supplerende stormflodssikring.

Store dele af Hvidovre og Københavns Kommune oversvømmes under stormfloder fra syd, hvorfor en stormflodssikring ved Kalveboderne alene ikke er tilstrækkelig sikring af begge kommuner. Særligt Københavns Kommune opnår ikke den tilstrækkelige og ønskede ensartet stormflodssikring af hele kommunen.

Såfremt der kun anlægges stormflodssikring i Kalveboderne, er sikringsniveauet svarende til den laveste kote i en sammenhængende sikring mod stormfloder fra syd. Under eksisterende terrænforhold er sikringskoten ca. 3 m DVR90. Afhængig af stormflodssikringsindsatser implementeret i og omkring Hvidovre og Københavns Kommune kan dette niveau hæves. Figur 15 til Figur 18 viser effekten af kun at sikre i Kalveboderne for vandstandene 3,0 m, 3,5 m, 4,25 m og 5,0 m. Bilag 3 gengiver kortene i større format.



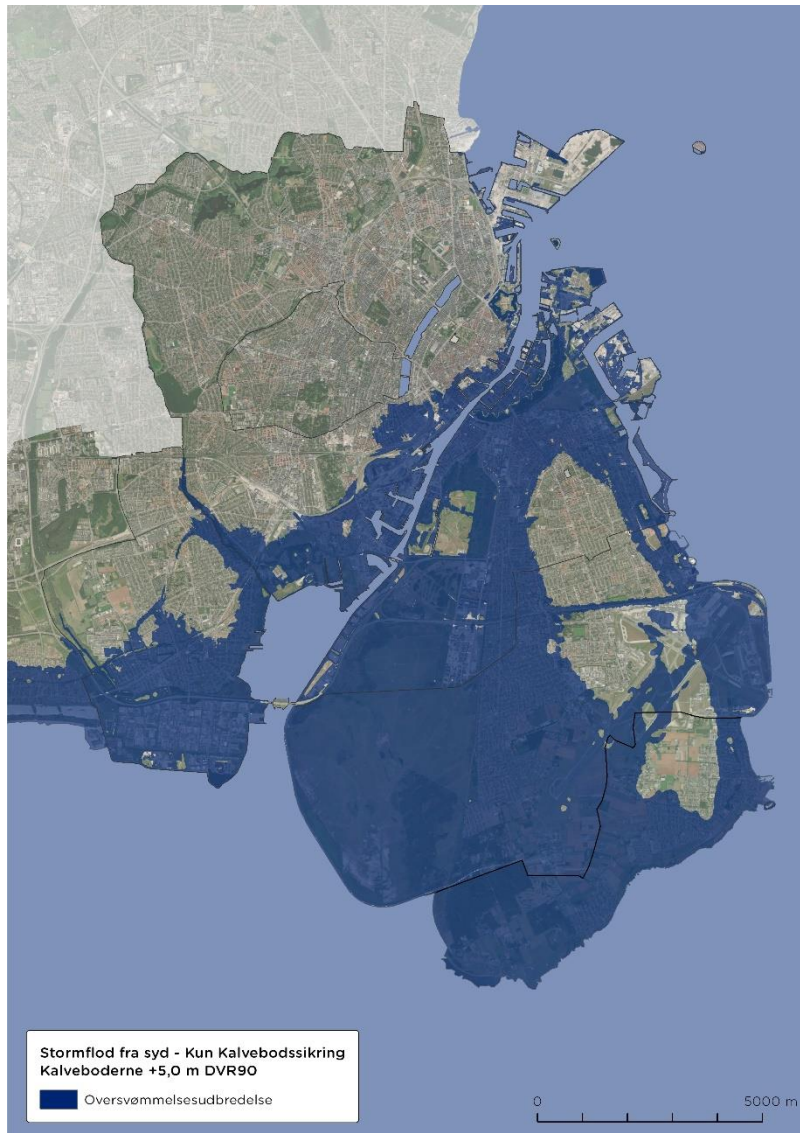
Figur 15: Oversvømmelsesudbredelse for 3,0 m vandstand svarende til det maksimale nuværende sikringsniveau.



Figur 16: Oversvømmelsesudbredelse for 3,5 m vandstand svarende til det maksimale nuværende sikringsniveau.



Figur 17: Oversvømmelsesudbredelse for 4,25 m vandstand svarende til en statistisk 2000-års hændelse i år 2020.



Figur 18: Oversvømmelsesudbredelse for 5,0 m vandstand svarende til en statistisk 2000-års hændelse i år 2100.

5. SKADES- OG TABSOMKOSTNINGER

Dette kapitel gennemgår enhedspriserne anvendt i skadesanalysen for skader og tab, der opstår ved stormflod samt resultaterne af skadesanalysen. I denne rapport beregnes kun skades- og tabsomkostninger for Hvidovre og Københavns Kommuner. Skader fra oversvømmelser i nabokommuner er ikke beregnet. Resultatet af analysen fremlægges i form af skadeskort og opsamlende tabeller. Efterfølgende anvendes disse resultater i den videre samfundsøkonomiske analyse, som udføres i den øvrige del af spor 2 af Incentive.

5.1 Forudsætninger

Til udførelse af skadesanalysen anvendes diverse kataloger for enhedspriser for tabs- og skadesomkostninger, tabellata fra Bygnings- og Boligregistret (BBR) samt data fra Kortforsyningen og Radius. Data er bearbejdet på forskellig vis, inden alle informationer kombineres i analysen.

5.1.1 Enhedspriser for skades- og tabsomkostninger

Enhedspriserne, der anvendes i denne skadesanalyse af stormflod fra syd som rammer Københavns og Hvidovre Kommuner, ses i Tabel 4. Tabellen angiver kategorien af tab eller skade, enhedsprisen og kilden hertil, samt hvilke tærskler de forskellige tab eller skader udløses ved. Undersøgelser og antagelser, der er gjort i fastlæggelsen af enhedspriserne ved oversvømmelser, gennemgås for hver kategori i Bilag 4.

Tabel 4: Enhedspriserne, der anvendes i denne skadesanalyse. Bemærk, at "Andet privat" dækker andre private enheder til beboelse, som sommerhuse, kolonihavehuse, tilbygninger m.m. Det dækker ikke garager, drivhuse eller udhuse.

Kategori	2017-Værdi	Enhed	Tærskel [cm]	Kilde
Beboelse				
Skade stueetage i parcelhus, rækkehus, andet privat	3.599	kr./m ² stue	>10	COWI [2]
Skade stueetage etagebyggeri	3.599	kr./m ² stue	>100	COWI [2]
Skade kælderetage	2.480	kr./m ² kælder	>10	Rambøll justeret ift. COWI's saltvandspriser [11]
Oprydning stueetage parcelhus, rækkehus, andet privat	4.800	kr./husstand	>10	Rambøll [11]
Oprydning stueetage etagebyggeri	4.800	kr./husstand	>100	Rambøll [11]
Oprydning kælderetage	4.800	kr./husstand	>10	Rambøll [11]
Genhusning parcelhus, rækkehus, andet privat	148.000	kr./husstand	>40	Rambøll [11]
Genhusning etagebyggeri	148.000	kr./husstand	>130	Rambøll [11]
Elsvigt parcelhus, rækkehus, andet privat	2.046	kr./husstand	>40	PLASK [12]
Elsvigt etagebyggeri	2.046	kr./husstand	>130	PLASK [12]
Sygdom - novovirus	3.200	kr./husstand med kælder	>10	Rambøll [11]
Sygdom - Hepatitis A og Leptospirose	800	kr./husstand	>10	Rambøll [11]

Mental stress og angst etagebyggeri	15.100	kr./husstand	>130	Rambøll [11]
Mental stress og angst parcelhus, rækkehus, andet privat	15.100	kr./husstand	>40	Rambøll [11]
Erhverv				
Skade erhvervsbygning	3.756	kr./m ² erhverv	>10	Rambøll justeret ift. COWI's saltvandspriser
Oprydning	10.300	kr./erhverv	>10	Rambøll [11]
Tab af løvsøre	70.300	kr./erhverv	>10	PLASK [12]
Tabt produktion	8.300	kr./erhverv	>10	PLASK [12]
Elsvigt	6.140	kr./erhverv	>40	PLASK [12]
Infrastruktur				
Brud – Reetablering vej <6 m	1.889	kr./m	>20	PLASK [12]
Brud – Reetablering vej >6 m	3.988	kr./m	>20	PLASK [12]
Oprydning - alle større veje	3	kr./m ²	>10	PLASK [12]
Forsinkelse – motorvej	8.376.600	kr./strækning	>20	Rambøll
Forsinkelse - vej >6 m	910.800	kr./strækning	>20	Rambøll
Forsinkelse - vej 3-6 m	414.000	kr./strækning	>20	Rambøll
Jernbaneskinnebrud - Ny jordbanket til reetablering	3.000	kr./m ²	>20	Rambøll [11]
Nedbrud på hovedstation	1.201.168	kr./hovedstation	>100	COWI [2]

Det antages, at stueetage i et etagebyggeri ligger højere end stueetage i fx en villa, hvorfor tærsklen for skader, oprydning og lignende i etagebyggerier er højere end for andet privat. Fastlæggelsen af tærskler gennemgås yderligere i Bilag 4.

Det antages, at en omkostning udløses, så snart en værdi oversvømmes af stormflod. Der er således ikke en nuancering af, om skader forværres af, at vandet står i længere tid eller en betragtning om, hvornår skaden udbedres eller genopbygning er færdig. I analysen er alle værdier med igennem hele analysen. Der er således ikke værdier, der udgår som følge af, at skader ikke nås at udbredes eller genopbygges, eller at det besluttes slet ikke at genopbygge.

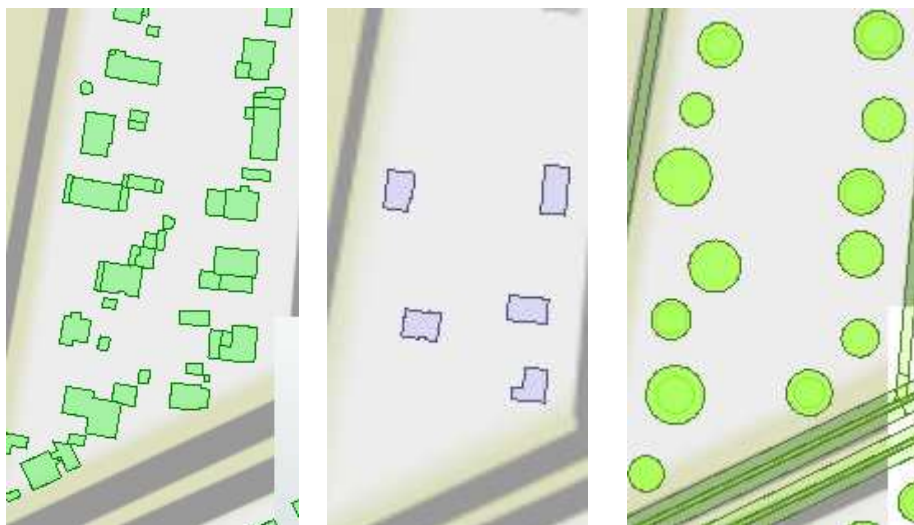
5.1.2 Bygninger for beboelse og erhverv

Det geografiske bygningsgrundlag for analysen baseres på data fra BBR. Det forudsættes, at BBR er opdateret og fyldestgørende, og for begge kommuner udtrækkes alle data angående bygninger og enheder i de to kommuner. En enhed defineres som et sammenhængende areal i en bygning, hvortil der er selvstændig adgang med tilknyttet adresse. Inden data kan benyttes som input til skadesanalysen, sorteres og bearbejdes data i tre skridt.

I første skridt kobles informationer om kælderarealer på alle enheder. I enhedsdata findes der ikke oplysninger om kælderarealet i en bygning, og i denne analyse er informationen om, hvorvidt en bygning har kælder essentiel. Derfor kobles de to datasæt via en bygnings-ID, som forefindes i begge dataudtræk. Således kobles det samlede kælderareal for en bygning på samtlige enheder i den bygning, og alle enheder føres videre i analysen *med* kælderarealet for bygningen.

I andet skridt forudsættes det, at langt de fleste bebyggelser i kommunerne har selvstændig adgang, og derfor fremgår af enhedsregistret. Derfor anvendes dataudtrækket for enheder som hovedregel til denne analyse. Der findes dog eksempler på bygninger, der kun fremgår i bygningsregistret og ikke i enhedsregistret. Langt de fleste af disse tilfælde er udhuse og garager, som ikke indregnes i risikoanalysen, men der kan også forekomme lagerbygninger eller andet erhverv, som ikke har selvstændig adgang. For at opfange disse tilfælde matches bygnings-ID i bygningsdata med bygnings-ID i enhedsdata, og en bygning i bygningsregistret kommer kun med, såfremt dens bygnings-ID *ikke* fremgår i enhedsregistret. Dette gøres for at undgå, at nogle bygninger indgår flere gange.

Afslutningsvis antages det, at en enheds eller bygnings udbredelse kan defineres rumligt ved de angivne arealer i BBR. Baseret på koordinaterne angivet for hvert datapunkt i BBR skabes et cirkulært fodaftryk med størrelse efter punktets angivne areal. Dette medfører naturligvis uligheder til bygningers reelle, oftest kantede fodaftryk. Ved projektets start blev det derfor også undersøgt, hvorvidt BBR-data med XY-koordinater kunne overlægges bygningsdata fra Kortforsyningen. Men idet mange koordinater i BBR er angivet efter en hovedbygning koordinatsæt, var der op mod 50% af alle bygninger i Kortforsyningens bygningsaftryk, som ikke kunne kobles med BBR og dermed få en kategori (villa/rækkehus/erhverv osv.). Ved at skabe et grundplan baseret på BBR-data vil der stadig opstå matrikler, hvor der ligger flere grundplansaftryk oven i hinanden (fx et hovedkontor oven i en lagerbygning oven i en maskinhal), men det antages, at det er mere retvisende, at alle bebyggelser inkluderes, end at det kun er hovedbygningen, der kan matches korrekt og dermed inkluderes. Figur 19 viser forskellen mellem de to forskellige tilgange.



Figur 19: Første rude viser bygningslaget hentet fra Kortforsyningen. Anden rude viser resultatet, hvor Kortforsyningens bygninger er blevet overlagt med XY-koordinater fra BBR, og alle bygninger, der ikke har et BBR-punkt er blevet frasorteret. I dette område kunne kun fem bygninger klassificeres ved BBR-data. Den tredje rude viser resultatet, hvor bygninger er skabt ud fra BBR-data. Dette data bruges som input i analysen. I nogle tilfælde ligger der arealer oven i hinanden. Dette er sidebygninger og lignende, der har samme XY-koordinat som hovedbygningen.

På grund af opløsningen i oversvømmelsesfilerne antages det, at de runde aftryk ikke medfører større udfald for resultater i risikoanalysen. Eventuelle påvirkninger vil falde inden for analysens usikkerhedsmargin.

5.1.3 Infrastruktur

Geografiske data for kategorien infrastruktur hentes hovedsageligt fra Kortforsyningen. Dette gælder centerlinjer for veje og jernbaner. Idet der er tre kategorier af tab eller skader inden for

veje (brud, oprydning, forsinkelse) bearbejdes veje på tre forskellige måder, inden de kan indgå i analysen.

Vejbrud

Enhedsprisen for brud er per løbende meter vej. Generelt forekommer veje i fire kategorier fra Kortforsyningen (Motorvej, Vej over 6 m, Vej 3-6 m og Vej anden), mens PLASK har angivet to enhedspriser for vejbrud dækkende "vej over 6 m" og "vej 3-6 m". Det antages, at prisen for "vej over 6 m" gælder de to kategorier "motorvej" og "vej over 6 m", mens enhedsprisen for "vej 3-6 m" dækker "vej 3-6 m" og "vej anden".

I skadesanalysen indlæses centerlinjerne fra Kortforsyningen. Linjerne fra Kortforsyningen løber i strækninger fra kryds til kryds. Alle strækninger splittes op i stykker á 20 m, idet det antages, at såfremt skaden for vejbrud udløses, så er det ikke en hel vejstrækning, der skal repareres, men et mindre stykke på maksimalt 20 m. Derudover pålægges de opsplittede centerlinjer en buffer på 0,5 m, således at et vejpolygon i modellen måler maksimalt 20 m × 1 m. Dermed skal vandet ligge på det midterste stykke af vejbanen, før skaden udløses.

Oprydning af veje

Enhedsprisen for oprydning er angivet per kvadratmeter. Det antages, at alle typer af veje vil have samme kvadratmeterpris for oprydning, da maskinerne, der anvendes til oprydning, vil være de samme uanset vejtype. Veje er i Kortforsyningen inddelt i strækninger fra kryds til kryds. Til hver centerlinje pålægges en buffer afhængig af vejtypen, således at en vej bliver $2 \times \text{buffer [m]}$ bred:

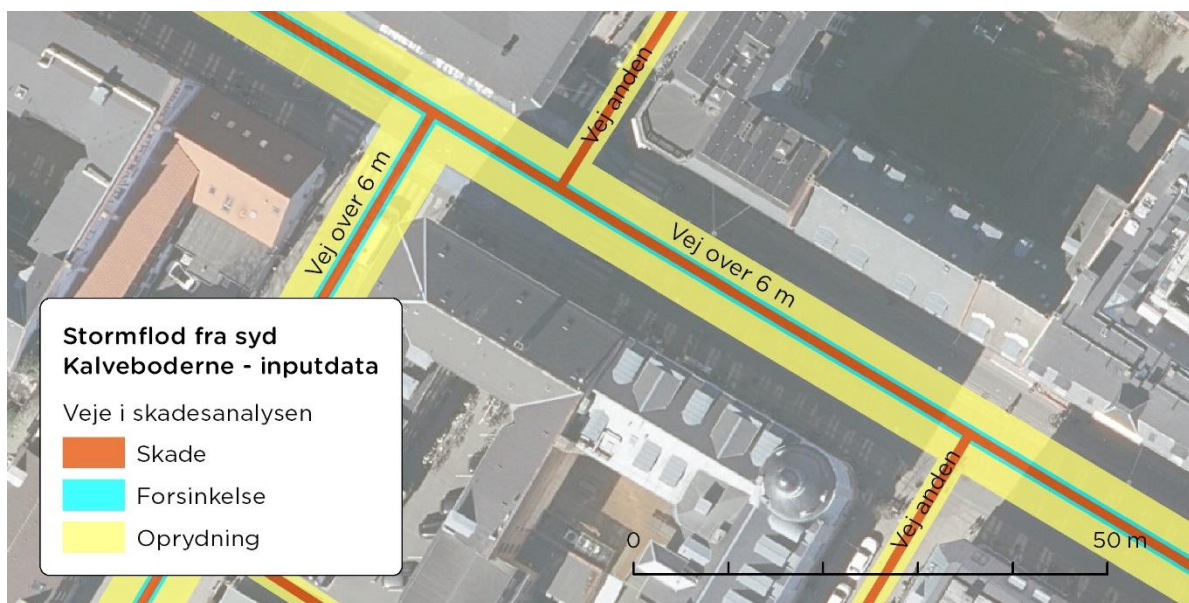
- Motorvej: 10,0 m
- Vej over 6 m: 4,0 m
- Vej 3-6 m: 2,5 m
- Anden vej: 1,5 m

Hele vejpolygoner indlægges i modellen, da det forventes, at oprydning vil ske fra vejkryds til vejkryds. Derfor vil kvadratmeterprisen blive anvendt på en hel polygon lige så snart, der ligger vand på vejen, der overskrider tærskelværdien for oprydning.

Forsinkelse på veje

Oversvømmelser på vejnettet betyder forsinkelser for både private og erhvervsmæssige kørsler samt den kollektive vejtransport i området. I dette spor afdækkes forsinkelser relateret til privatbilisme. Igen benyttes centerlinjer, og for forsinkelser pålægges alle vejtyper en buffer på 0,9 m, da det antages, at en bil typisk er 1,8 m bred, og at vejens højdepunkt er i midten af vejen (en typisk kroneprofil). Dermed vil vandet løbe ud til siden, således at midten af vejen stadig er farbar for en bil, så længe der ikke ligger for meget vand i midten af vejen (op til tærskelværdien på 0,20 m). Hele vejstrækninger fra kryds til kryds indlægges i risikomodelen, da det antages, at hvis polygonen oversvømmes med 0,2 m vand eller mere et sted på en strækning mellem to kryds, da udløses enhedsprisen for vejpolygonen.

Det vil sige, at vejbredde i skadesanalysen afhænger af hvilken omkostning, der beregnes. Se Figur 20 for et udsnit over veje i skadesanalysen.



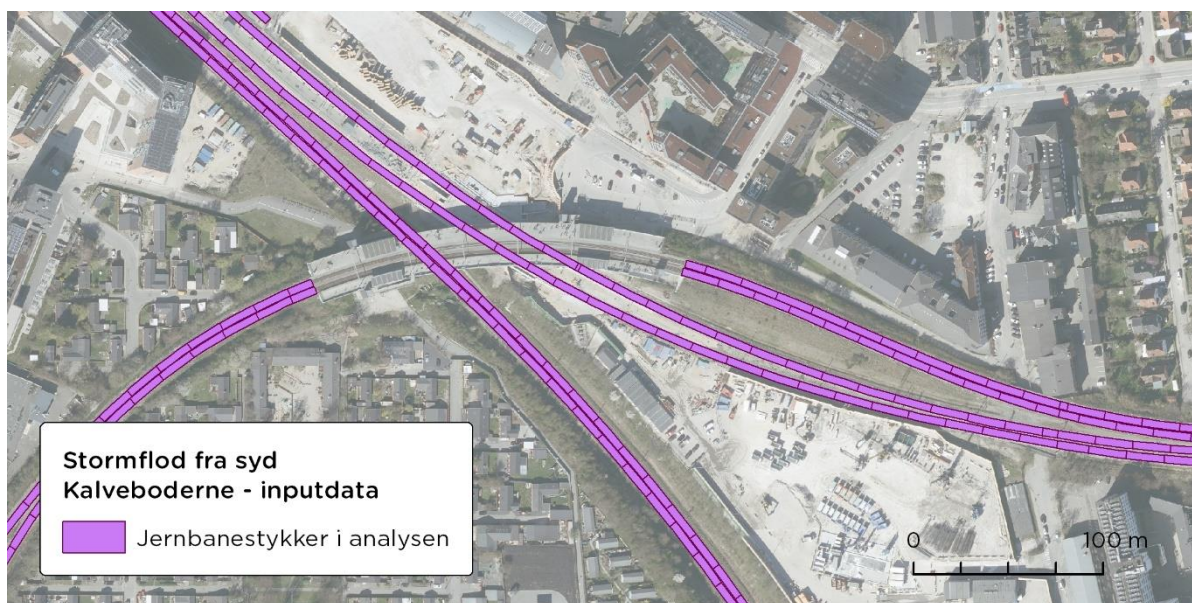
Figur 20: Eksempel på hvordan veje indlægges i skadesanalysen

Jernbanebrud

Ved stormflod kan stillestående vand føre til undergravning af banelegemets fundament samt skævsætninger i banelegemet, såfremt der stadig ligger vand i sporkassen, når der igen begynder at køre tog, idet vandet reducerer sporets bæreevne. Derfor er det vigtigt at inkludere skader på jernbane i en skadeskortlægning.

Ligesom veje er jernbaner i Kortforsyningen inddelt i strækninger fra krydsning til krydsning, og disse splittes i mindre stykker á 20 m. Dette gøres igen for at tage højde for, at skader vil ske lokalt på en strækning. Til hver centerlinje pålægges en buffer på 2m, således at et enkelt sæt skinner er 4m bredt (med fundament). Alle typer af skinner fra Kortforsyningen kan opleve skader; hovedspor såvel som sidespor og skiftespor.

Steder, hvor jernbaner løber over veje eller under jorden, identificeres manuelt og slettes fra analysen. Ved at trække de under- eller overførte områder ud, undgås det, at jernbaner fejlagtigt medtages i områder, hvor vandet ligger på terrænet og ikke på banen. Figur 21 viser et udsnit over, hvordan jernbaner indlægges i skadesanalysen, og det ses, hvordan banestykker, der er overførte er slettet (her ved Ny Ellebjerg Station). Det ses ligeledes, hvordan banelegemet er inddelt i mindre stykker á 20 m.



Figur 21: Eksempel på hvordan jernbaner indlægges i skadesanalysen.

Nedbrud på hovedstationer

Afslutningsvis inkluderes nedbrud på hovedstationer (transformerstationer) også. Geografisk data for hovedstationer i de to kommuner er venligst sendt fra Radius efter personlig henvendelse til deres GIS-team. Forudsætningen for udlevering af disse data er, at de kun benyttes til denne analyse og slettes, når projektet er gennemført. Resultater af analysen og kort må gerne beholdes.

5.2 Metode

Som beskrevet i afsnit 3 beregnes skader og tab ved en hændelse ved at integrere konsekvensen inden for et oversvømmet område. Skader eller tab for en værdi udløses, når tærskelværdierne angivet i Tabel 4 overskrides. Alle skader og tab beregnes for år 2100 ved gentagelsesperioderne angivet i afsnit 4.1.1.

5.3 Resultater for skader og tab

Alle skader og tab, som er beregnet i denne rapport, præsenteres i Tabel 5 og er opgjort i tusind kroner. Der er kun beregnet skades- og tabsomkostninger for Hvidovre og Københavns Kommuner. Skader og tab i nabokommunerne er ikke medtaget, selv om der også sker store oversvømmelser med tilhørende skader og tab i disse kommuner. I Tabel 6 er resultaterne lagt sammen og vist, sådan som de tages videre med over i den samfundsøkonomiske analyse. Fra tabellerne 5 og 6 ses det, at skades- og tabsomkostningerne forventeligt stiger som følge af de større stormflodsvandstande. Der kan ligeledes identificeres klare spring, hvor omkostningerne stiger væsentligt, hvilket afspejler ændringerne i oversvømmelsesudbredelsen. Det ses eksempelvis, at der imellem vandstande på 3,0 m og 3,5 m er mange nye veje og erhverv, der oplever skader og tab. Samtidig sker der en drastisk forøgelse af skadesomkostningerne mellem vandstande på 4,25 m og 4,50 m, som følge af de betydelige større oversvømmet arealer og større oversvømmelser af de enkelte bygninger og andre enheder.

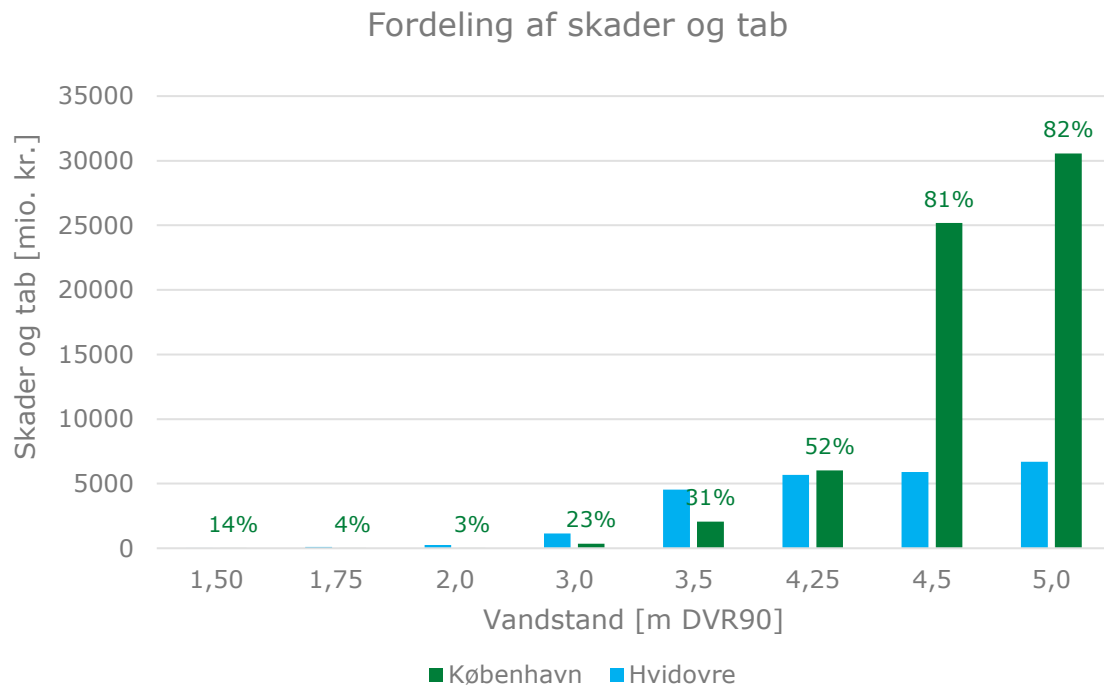
Tabel 5: Samlede skader og tab for Hvidovre og Københavns Kommune angivet for hver hændelse. Beløbene er angivet i 1.000 kr.

Skade eller tab [1.000 kr.]	Vandstand [m DVR90]							
	1,5	1,75	2,0	3,0	3,5	4,25	4,5	5,0
Beboelse								
Skade stueetage	8.466	91.377	174.654	733.978	1.303.520	2.371.400	6.039.209	7.164.833
Skade kælderetage	872	6.506	17.002	104.585	424.309	1.119.179	3.142.000	3.545.902
Oprydning	62	854	1.752	10.714	37.157	95.669	408.806	458.510
Genhusning	148	2.812	36.408	178.044	602.656	1.456.024	7.304.836	9.873.672
Elsvigt	2	39	503	2.461	8.331	20.129	100.984	136.497
Sygdom Novovirus	10	118	304	3.098	16.819	49.162	226.224	254.109
Sygdom Hepatitis A og Leptospirose	10	142	303	1.941	6.942	16.896	69.778	78.088
Sygdom mental stress og angst	15	287	3.715	18.165	61.487	148.554	745.291	1.007.381
Erhverv								
Skade erhvervsbygning	1.647	11.790	14.081	317.751	3.397.780	4.851.987	9.881.781	11.136.929
Oprydning	31	258	340	2.482	11.618	19.951	63.057	76.673
Tab af løsøre	211	1.758	2.320	16.942	79.298	136.171	430.377	523.313
Tabt produktion	25	208	274	2.000	9.362	16.077	50.813	61.785
Elsvigt	6	12	98	1.210	5.980	9.468	32.106	39.382
Infrastruktur								
Reetablering af vej efter brud	449	2.386	6.029	40.457	178.261	314.904	738.831	848.143
Oprydning veje	6	49	137	805	3.094	5.460	9.182	10.082
Forsinkelse bilisme	0	1.656	3.395	49.735	375.112	895.592	1.072.660	1.127.253
Retablering af jordbanket under jernbaneskiner	0	0	240	480	79.895	161.157	750.998	897.907
Nedbrud på hovedstation	0	0	0	0	1.201	2.402	12.012	13.213
Total	11.961	120.250	261.554	1.484.847	6.602.824	11.690.182	31.078.945	37.253.672

Tabel 6: Samlede skader og tab for Hvidovre og Københavns Kommune angivet for hver hændelse og lagt sammen og vist ift. Incentive's videre samfundsøkonomiske analysearbejde

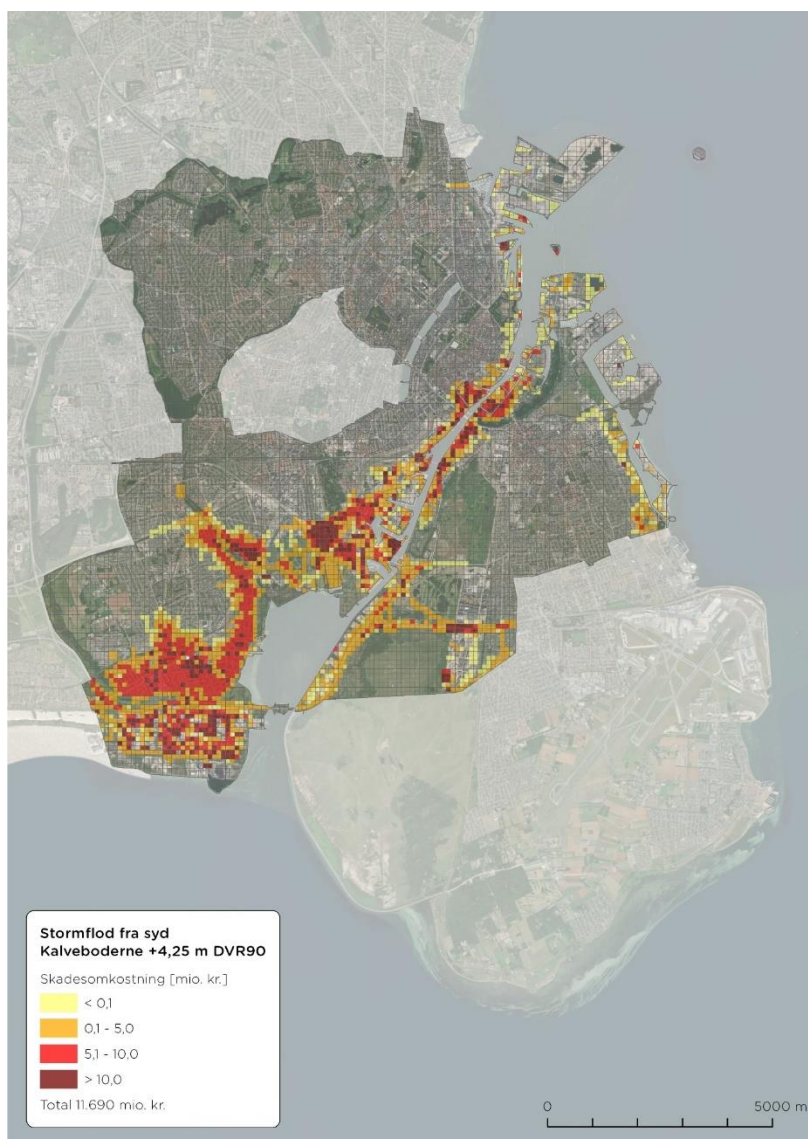
Skade eller tab [tkr.]	Vandstand [m DVR90]							
	1,5	1,75	2,0	3,0	3,5	4,25	4,5	5,0
Privat Beboelse Bestående af kategorierne: skader på stueetage, skader på kælderetage, oprydning, genhusning	9.549	101.549	229.816	1.027.321	2.367.642	5.042.272	16.894.852	21.042,92
Elsvigt, privat beboelse Bestående af kategorien: Elsvigt	2	39	503	2.461	8.331	20.129	100.984	136.497
Sygdom Bestående af kategorien sygdom	35	548	4.322	23.204	85.249	214.611	1.041.292	1.339.578
Erhverv – skader, produktionstab og løvsøre Bestående af kategorierne: Skade erhvervsbygning, tab af løvsøre, tabt produktion, oprydning	1.914	14.012	17.015	339.175	3.498.060	5.024.186	10.426.027	11.798.700
Elsvigt, erhverv Bestående af kategorien: Elsvigt	6	12	98	1.210	5.980	9.468	32.106	39.382
Transformerstationer Bestående af kategorien: Nedbrud på hovedstation	0	0	0	0	1.201	2.402	12.012	13.213
Trafikforstyrrelser alle hovedveje Bestående af kategorierne: Forsinkelse bilisme	0	1.656	3.395	49.735	375.112	895.592	1.072.660	1.127.253
Veje Bestående af kategorierne: Oprydning veje, Reetablering af vej efter brud	455	2.434	6.166	41.262	181.355	320.364	748.013	858.907
Jernbaneskiner Bestående af kategorierne: Retablering af jordbanket under jernbaneskiner	0	0	240	480	79.895	161.157	750.998	897.907
Total	11.961	120.250	261.554	1.484.847	6.602.824	11.690.182	31.078.945	37.253.672

Figur 22 viser fordelingen af skader og tab mellem Hvidovre Kommune og Københavns Kommune. Det ses, hvordan størstedelen af skaderne ved de lave vandstande forekommer i Hvidovre Kommune, hvilket også er forventet baseret på oversvømmelsesudbredelserne. Det er først fra vandstand 2,00 m, at skaderne begynder at udbrede sig i København Kommune.

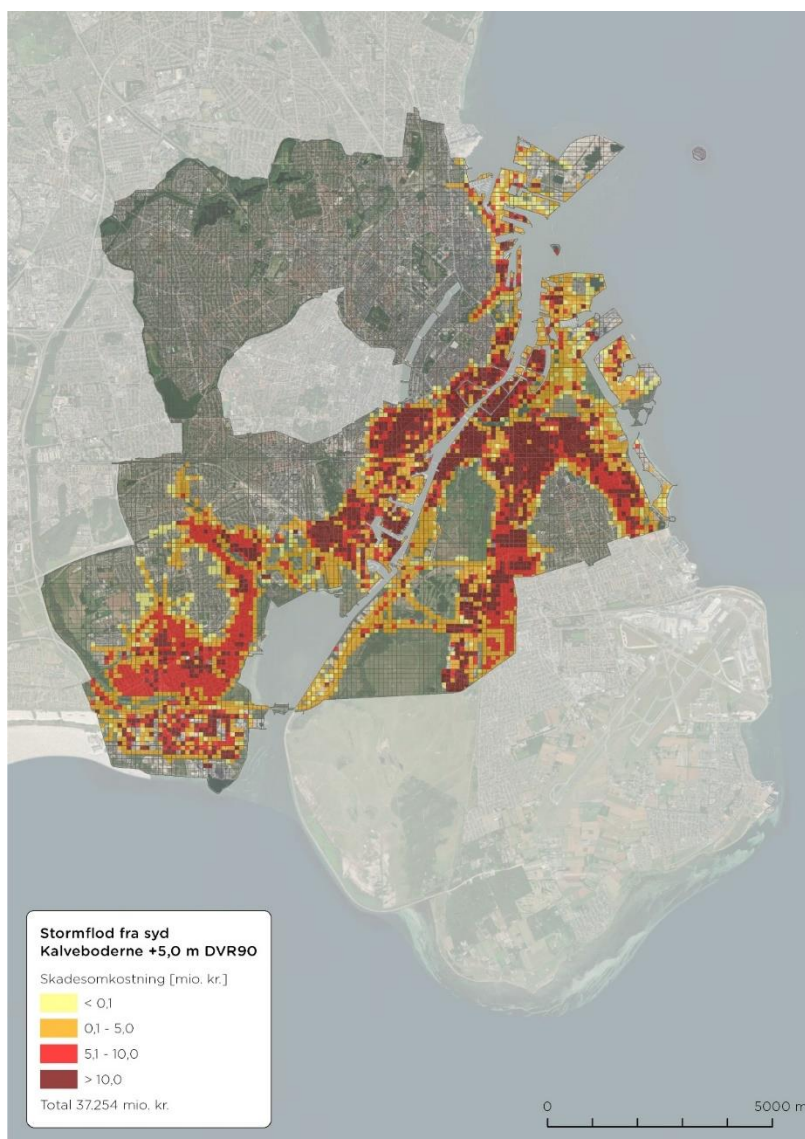


Figur 22: Fordelingen af skader og tab mellem Hvidovre Kommune og Københavns Kommune. Label viser andelen af skader i Københavns Kommune.

Figur 23 og Figur 24 viser skader og tab ved en vandstand på henholdsvis 4,25 m DVR90 og 5,0 m DVR90 svarende til en statistisk 2000-års hændelse i henholdsvis år 2020 og år 2100, svarende til designhændelsen for stormflodssikring ved Kalveboderne. Kortet er inddelt i celler á 100 m × 100 m. Forskellene mellem de to figurer viser, at skaderne ved Hvidovre allerede er markante ved vandstand på 4,25 m, mens særligt Amager først oplever store skader ved 5,0 m. De resterende estimerede skader og tab ved de analyserede højvandshændelser ses i Bilag 5.



Figur 23: Fordelingen af skader og tab i Hvidovre og Københavns kommuner ved 4,25 m DVR90 svarende til en 2000-års hændelse i år 2020. Skader i nabokommuner fremgår ikke af kortet og indgår ikke i skadesberegningen.



Figur 24: Fordelingen af skader og tab i Hvidovre og Københavns kommuner ved 5,0 m DVR90 svarende til en 2000-års hændelse i år 2100. Skader i nabokommuner fremgår ikke af kortet og indgår ikke i skadesberegningen.

5.4 Kvalitativ vurdering af skader fra stigende grundvand

Der er hydraulisk kontakt mellem havvandet og både det sekundære og primære grundvandsspejl i området omkring Københavns og Hvidovre Kommuner. Det betyder, at en generelt stigende havvandsstand vil forplante sig direkte til grundvandet og medføre en stigning i grundvandstrykket under de kystnære områder. Afhængigt af grundvandsmagasinerne kontakt til terræn kan det medføre enten et øget grundvandstryk under terræn, som kan give skader på konstruktioner, hvis de ikke er anlagt og forankret til et stigende grundvandstryk, eller forårsage at grundvandet forsumper terræn og/eller trænger ind i kældre, kloakker og øvrige dræn. Under stormflod sker der yderligere en kortvarig, men markant, stigning i havvandsstanden.

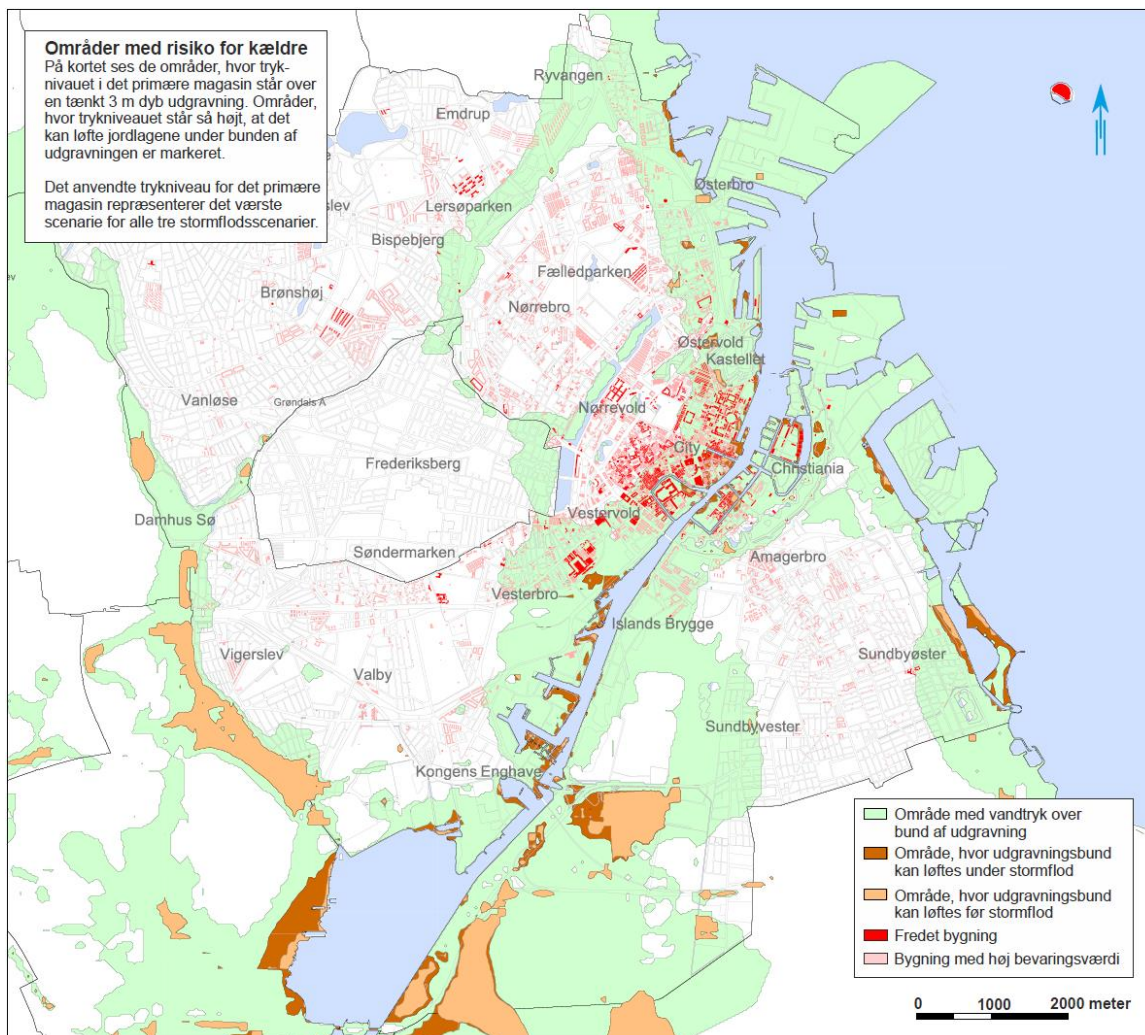
I en rapport udført af Rambøll [13] er det undersøgt, hvor meget det generelle grundvandsspejl vil stige ved en havvandsstigning på 1m, samt hvor meget grundvandsspejlet vil påvirkes ved en stormflod fra syd på 3,76 m. På baggrund af resultaterne fra rapporten gives i det følgende afsnit

en kvalitativ vurdering af, om stigende grundvand kan give anledning til skader under en stormflod.

Ved en generel stigning i havvandsniveauet vil der ske en stigning i det primære magasin på op til 1 m ved kysten og op til 0,25 m ca. 1 km inde under land. Udbredelsen og omfanget er stort set det samme i de sekundære magasiner. En sådan permanent stigning i grundvandsspejlet kan give anledning til skader på bygninger og konstruktioner. Endvidere vil grundvandsspejlet i nogle områder bl.a. i den indre del af København og dele af Hvidovre Kommune stige, så det kommer til at ligge under 1,5 m under terræn. Det vil kunne medføre vand i kældre og eventuelt ødelæggelse af gulvkonstruktioner især i de områder, hvor grundvandsspejlet i forvejen står højt.

Havvandsstigningen under en stormflod kan komme op på 4-5 m DVR90 ved en hændelse med en vandstand på 5,0 m DVR90 ved Kalvebodbroen (ca. 2000-års hændelse i 2100). Selv om der sker en kraftig stigning i havvandstanden, sker det kun i en kortvarig periode på 1-2 døgn, og stigningen i det primære grundvandsspejl kan derfor ikke nå at brede sig væsentligt til de terrænnære jordlag. På baggrund af modelsimuleringer vurderes det derfor, at der kun ses en stigning i grundvandsspejlet umiddelbart langs kyststrækningen, og at denne ikke breder sig ind i land. Det vurderes derfor, at det kun vil være kystnære konstruktioner, der kan blive påvirket, og hvor der kan opstå skader som følge af stigende grundvand i de øverste grundvandsmagasiner under en stormflod.

Et øget vandtryk i både det primære og de sekundære magasiner vil imidlertid kunne påvirke terrænnære bygværker og konstruktioner, så konstruktionen bliver løftet, eller der opstår brud og revner som følge af det større grundvandstryk. Skaders omfang og omkostninger fra stigende grundvand som følge af stormfloder afhænger således i høj grad af de lokale forhold, og hvordan konstruktionen er udformet og sikret mod vandtryk. På Figur 25 vises de områder, hvor der umiddelbart vurderes at være størst risiko for, at der kan ske skader som følge af stigende grundvand under en stormflod.



Figur 25: Områder med risiko for skader som følge af stigende trykniveau i grundvandsmagasinerne [13].

6. YDERLIGERE NØDVENDIG SIKRING

For at sikre København og Hvidovre Kommuner mod oversvømmelser op til en vandstand på ca. 5,0 m DVR90 ved Kalvebodbroen ved en stormflod fra syd (svarende til en ca. 2000-års hændelse i 2100), skal der jf. oversvømmelsesberegningerne udføres stormflodssikring flere steder end ved Kalvebodbroen, bl.a. ved Avedøre Holme og på Amager.

Denne opgave har ikke omfattet beregning af anlægsudgifter for stormflodssikringen. På baggrund af tidligere overslag beregnet af COWI i rapporterne "Opdateret overslag for sikring af København mod stormflod, Maj 2017" [6], "Udredning om stormflod og havvandsstigning i regi af regnvandsforum – stormflodssikring, juni 2019" [14] samt COWI's igangværende arbejde omkring det tekniske løsningsrum er der i det følgende givet et estimat for de samlede anlægsudgifter for at sikre til en havvandsstand i kote 5,0 m DVR90 ved Kalvebodbroen ved stormflod fra syd.

Anlægsoverslagene er angivet for de samme løsninger, som i COWI's tidligere beregninger. Hvor det har været muligt ud fra COWI's estimater, er anlægspriserne justeret lineært, så de svarer til etablering af anlæg til stormflodssikring ved en højvandshændelse med en vandstand på 5,0 m DVR90 ved Kalvebodbroen.

For at stormflodssikre Københavns og Hvidovre Kommuner skal der også gennemføres højvands-sikring i nabokommunerne Brøndby, Tårnby og eventuelt Dragør eller langs med Hvidovres og Københavns kommunegrænser til disse kommuner. Placeringen og udformningen af denne stormflodssikring er ikke fastlagt på nuværende tidspunkt. I anlægsoverslaget nedenfor er der derfor taget udgangspunkt i forslagene fra "Udredning om stormflod og havvandsstigning i regi af regnvandsforum – stormflodssikring, juni 2019", hvor stormflodssikringen udføres langs med kysten. En stormflodssikring langs med kysten i nabokommunerne kan være med til at beskytte de respektive kommuner, men hvis sikringen skal beskytte København og Hvidovre Kommuner forudsætter det, at nabokommunerne vil beskytte til samme høje niveau som København og Hvidovre. Såfremt det ikke er tilfældet, skal der udføres stormflodssikring omkring Hvidovres og Københavns Kommunes grænser til nabokommuner.

Kortet på Figur 26 viser de strækninger, hvor der er behov for stormflodssikring i forhold til en stormflod fra syd. Som det fremgår af oversvømmelseskortet for en vandstand på 5,0 m DVR90 i 2100 ved Kalvebodbroen, ligger Nordhavn lige på grænsen for oversvømmelse, og det er således usikkert med det nuværende grundlag, om der er behov for at sikre Nordhavn med mindre forhøjninger langs kajen. Etablering af Lynetteholmen vil muligvis være tilstrækkeligt. Risikoen for oversvømmelse af Nordhavn er dog væsentligt større ved stormfloder fra Nord, og det er derfor i denne rapport antaget, at anlægsudgifterne til sikring af Nordhavn indgår i sikringsløsningen for stormflod fra nord.



Figur 26: Nødvendig ekstra stormflodssikringsindsatser hvis København og Hvidovre Kommuner skal være sikret til kote 5,0 m DVR90.

I den følgende tabel er anlægsoverslagene for de enkelte delstrækninger vist. Der er betydelig usikkerhed på de estimerede anlægsoverslag for anlæg i Tårnby, da placering og anlægstype ikke er fastlagt.

Tabel 7: Estimeret prisoverslag baseret på COWI's tidligere studier

Delstrækning	Anlægsoverslag i mio. kr.	Drift og vedligehold mio. kr./år
Anlæg i København og Hvidovre Kommuner ⁽¹⁾		
Refshaleøen til Strandparken ⁽¹⁾	199	3
Bag Benzinøen ⁽¹⁾	25	0
Strandparken til Tårnby kommunegrænse ⁽¹⁾	161	4
Lukning med dæmning og porte ved Kalvebodbroen ⁽³⁾	584-2.138	13-43
Nordlig placering	1.145-1.277	23-26
Midterste placering	584-2.138	13-43
Sydlig placering	1.415-1.565	28-31
Avedøre Holme – forhøjelse af diger inkl. langs Brøndby Kommune ⁽²⁾	127	3
I alt anlæg i København og Hvidovre Kommuner	1.096-2.650	22-53
Anlæg i eller ved grænse til nabokommuner		
Tårnby Kommune Nord ⁽²⁾	50	1
Tårnby Kommune Syd ^(*)	50	1
Dragør Kommune ⁽²⁾	405	8
I alt anlæg i eller ved grænse til nabokommuner	505	10
Samlet estimeret anlægsoverslag	1.601-3.155	32-63

⁽¹⁾Anlægspriser fra "COWI: Opdateret overslag for sikring af København mod stormflod, maj 2017" [6]. Der er benyttet overslag for 2000-års hændelse svarende til vandstand på 5 m DVR90 ved Kalvebodbroen.

⁽²⁾Anlægspriser fra "COWI: Udredning om stormflod og havvandsstigning i regi af regnvandsforum – stormflodssikring, juni 2019" [14].

⁽³⁾ Anlægspriser fra "COWI: Stormflodssikring ved Kalveboderne. Juli, 2020."

(*) Skønnet

7. REFERENCER

- [1] Kystdirektoratet, »Kortlægning af fare og risiko for oversvømmelse. Metoderapport,« 2013. [Online]. Available: https://kyst.dk/media/80828/kdi-2013-_metoderapport.pdf. [Senest hentet eller vist den April 2020].
- [2] COWI, »Designgrundlag for beskyttelse mod oversvømmelse af København,« Rapport udarbejdet for Københavns Kommune, 2016.
- [3] DMI, »Kommentering af rapporten "Designgrundlag for beskyttelse mod oversvømmelse af København samt alternativ beregning af ekstremstatistik for stormfloder i Køge Bugt,« Kunderapport udarbejdet for Københavns Kommune, 2017.
- [4] Københavns Kommune, »Stormflodsplan for København 2017,« 2017.
- [5] COWI, »Stormflodsberegning med planlagte ydre diger,« Udarbejdet for Metroselskabet I/S, 2018.
- [6] COWI, »Opdateret overslag for sikring af København mod stormflod.,« Udarbejdet for Københavns Kommune, 2017.
- [7] Naturstyrelsen, »Analyse af IPCC Delrapport 2 – Effekter, klimatilpasning og sårbarhed,« 2014.
- [8] EMODnet, European Marine Observation and Data Network, [Online]. Available: <https://portal.emodnet-bathymetry.eu/>. [Senest hentet eller vist den April 2020].
- [9] DHI, »Stormflodsstyring i Københavns Sydhavn. Undersøgelse af stigbordes og skibsslusens betydning for vandstand og strømforhold,« Udarbejdet for Københavns Kommune, 2015.
- [10] DMI, »Opfølgning på sidste års stormflodssæsoner,« Præsentation af Vibeke Huess, 2017. [Online]. Available: <http://ocean.dmi.dk/stormflodsvarsling/2017/stormfloder.pdf>. [Senest hentet eller vist den June 2020].
- [11] Rambøll, »Serviceniveau for regnvand på terræn for Kildeskovsrendens opland,« Novafos, København S, 2019.
- [12] Miljøstyrelsen, »Klimatilpasning.dk,« Miljøstyrelsen, 1 September 2019. [Online]. Available: <https://www.klimatilpasning.dk/vaerktoejer/plask/>.
- [13] Rambøll, »Påvirkning af grundvandsspejl pga. stigende havniveau og stormflod,« 2017.
- [14] COWI, »Udredning om stormflod og havvandsstigning i regi af regnvandsforum - Stormflodssikring,« Regnvandsforum, Kongens Lyngby, 2019.
- [15] COWI, »Enhedsomkostninger ved oversvømmelseskader fra skybrud,« Forsikring & Pension, 2014.
- [16] K. Arnbjerg-Nielsen, H. Sneftrup, J. H. Hansen, D. B. Olsen, C. Seidelin, T. Nielsen og T. Kunnerup, »Klimatilpasning af afløbssystemer og metodeafprøvning. Økonomisk analyse,« Miljøstyrelsen, København, 2007.
- [17] Miljøstyrelsen, »Beregningsværktøj,« juli 2016. [Online]. Available: www.klimatilpasning.dk/viden-om/oekonomi/beregningsvaerktoej.aspx. [Senest hentet eller vist den 22 maj 2017].
- [18] Dansk Bygningskontrol A/S, »Prisliste,« [Online]. Available: www.bygningskontrol.dk/pdf/prisliste.pdf. [Senest hentet eller vist den 4 december 2017].
- [19] Bolius, »Sådan reagerer du på vandskader efter skybrud,« januar 2017. [Online]. Available: www.bolius.dk/saadan-reagerer-du-paa-vandskader-efter-skybrud-17888/. [Senest hentet eller vist den 1 december 2017].

- [20] F. & Pension, Interviewee, *Telefoninterview om genhusning*. [Interview]. 18 December 2017.
- [21] »Akutbolig,« [Online]. Available: <https://www.akutbolig.dk/gentofte>. [Senest hentet eller vist den Februar 2018].
- [22] »Boligportal.dk - Lejeboliger i Gentofte,« [Online]. Available: https://www.boligportal.dk/lejeboliger_gentofte.html. [Senest hentet eller vist den Februar 2018].
- [23] »Boligsiden - Hvor meget vil du betale for en gennemsnitlig villa,« Boligsiden.dk, [Online]. Available: <https://bolignyheder.boligsiden.dk/2015/02/hvor-meget-vil-du-betale-for-en-gennemsnitlig-villa/>. [Senest hentet eller vist den Februar 2018].
- [24] Netdoktor Media, »Netdoktor,« 1 december 2017. [Online]. Available: www.netdoktor.dk.
- [25] Sundhedsdatastyrelsen, »Takstsystem, vejledning 2017,« DRG og Finansiering, 2016.
- [26] Wastewater Gardens, »<http://www.wastewatergardens.com/>,« Wastewater Gardens International, [Online]. Available: http://www.wastewatergardens.com/pdf/WWG_InfoSheet_DiseasesUntreatSewage.pdf. [Senest hentet eller vist den 1 11 2017].
- [27] R. R. Tiwari, »Occupational health hazards in sewage and sanitary workers,« *Indian J Occup Environ Med.*, årg. 12, nr. 3, pp. 112-115, 2008.
- [28] NHS Choices, »Leptospirosis (Weil's disease),« NHS Choices, [Online]. Available: <https://www.nhs.uk/conditions/leptospirosis/>. [Senest hentet eller vist den 1 11 2017].
- [29] Lægemiddelstyrelsen, »Medicinpriser,« 1 december 2017. [Online]. Available: www.medicinpriser.dk.
- [30] Sundheds- og Ældreministeriet, »Lovforslag: Kommuner skal tilskyndes til at styrke forebyggelsesindsatsen over for små børn og ældre,« november 2016. [Online]. Available: www.sum.dk/Aktuelt/Nyheder/Sundhedspolitik/2016/November/Lovforslag-Kommuner-skal-forebygge-bedre-over-for-smaa-boern-og-aeldre.aspx. [Senest hentet eller vist den 1 december 2017].
- [31] Danmarks Statistik, »Danmarks Statistik,« [Online]. Available: www.dst.dk. [Senest hentet eller vist den 1 december 2017].
- [32] Federal Emergency Management Agency, »Final Sustainability Benefits Methodology Report,« FEMA, Washington D.C., 2012.
- [33] M. Schoenbaum, »Promoting Mental Health Recovery After Hurricanes Katrina and Rita: What could we have done at what cost?,« *Archives of General Psychiatry*, årg. 66, nr. 8, pp. 906-914, 2009.
- [34] D. Levinson, M. Lakoma, M. Petukhova og e. al., »Associations of serious mental illness with earnings: results from the WHO World Mental Health surveys,« *The British Journal of Psychiatry*, årg. 197, nr. 2, pp. 114-121, August 2010.
- [35] Rambøll, »Omkostninger ved skybrud i Gentofte Kommune,« Rambøll A/S, København, 2017.
- [36] Transport- og Bygningsministeriet, »Transport- og Bygningsministeriets Regnearksmodel for Samfundsøkonomisk Analyse,« [Online]. Available: www.modelcenter.transport.dtu.dk/Noegletal/TERESA. [Senest hentet eller vist den 1 november 2017].
- [37] Teknik- og Miljøforvaltningen, »Trafikken i København - Trafiktal 2010-2014,« Københavns Kommune, København.
- [38] Infrastrukturkommissionen, »Danmarks Transportinfrastruktur 2030,« Glumsø Bogtryk A/S, Glumsø, 2008.

- [39] Teknik- og Miljøforvaltningen, »Stormflodsplan 2017,« Københavns Kommune, København, 2017.
- [40] Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering, »Kortforsyningen - Download,« Kortforsyningen, [Online]. Available: <https://download.kortforsyningen.dk/>. [Senest hentet eller vist den 1 Oktober 2017].
- [41] L. Olesen, R. Löwe og K. Arnbjerg-Nielsen, »Flood Damage Assessment: Literature review and recommended procedure,« Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities, Melbourne, Australia, 2017.
- [42] SKAT, KL og Kombit A/S, »Bygnings- og Boligregistret,« SKAT, KL og Kombit A/S, [Online]. Available: www.bbr.dk. [Senest hentet eller vist den 1 april 2017].
- [43] Din Offentlige Transport (DOT), »Køreplaner,« [Online]. Available: www.dinoffentligetransport.dk/. [Senest hentet eller vist den 1 december 2017].
- [44] D. Transportforskning, »The Danish Value of Time Study,« 2007.
- [45] DSB, »DSB Køreplaner,« [Online]. Available: www.dsb.dk/globalassets/pdf/trafikinformation/s17_linjekort_dagtimer.pdf. [Senest hentet eller vist den 1 december 2017].
- [46] DSB, »Månedsrapport, August 2017,« DSB, 2017.
- [47] Rejseplanen A/S, »Rejseplanen,« [Online]. Available: www.rejseplanen.dk. [Senest hentet eller vist den 4 december 2017].
- [48] Beredskabsstyrelsen, »Redegørelse vedrørende skybruddet i Storkøbenhavn lørdag den 2. juli 2011,« Institut for Beredskabsevaluering, 2012.
- [49] TV2 Lorry, »Kystbanen lukkes i sommerferien: Togbusser fra lørdag,« Juni 2017. [Online]. Available: <https://www.tv2lorry.dk/artikel/kystbanen-lukkes-i-sommerferien-i-stedet-koerer-der-togbusser>. [Senest hentet eller vist den 1 december 2017].
- [50] COWI, »Scenarier for håndtering af serviceniveau, skybrud og overløb til Utterslev Mose,« Novafos, 2017.

BILAG 1 KONSTRUKTIONER IGENNEM KØBENHAVNS HAVN, STRÆKKENDE SIG FRA KALVEBODBROEN TIL TREKRONER FORTET

Kalvebodbroerne - Amagermotorvejen

Kalvebodbroerne er implementeret i modellen i form af blokering af beregningsceller svarende til bropillernes størrelse. Broen består af to separate brokonstruktioner, der forbinder Sjælland med Amager over Skrædderholmen, hvilket bevirker, at der er to større åbninger for vandgennemstrømning. Den store sejlrende mod øst er i beregningsmodellen beskrevet med fire sæt bropiller i en bredde på ca. 2 m strækkende sig i hele brobredderne på ca. 36 m, og Sorterenden, den mindre åbning mod vest, er beskrevet med firedobbelte bropiller i ca. 2 m bredde i hele brovejebanebredden. Der vurderes at være en samlet gennemstrømningsbredde på ca. 252 m. Beskrivelse af konstruktionen er foretaget ud fra Google Maps. Kalvebodbroerne er vist på Figur 27.



Figur 27: Kalvebroerne (foto: Google Maps)

Jernbanebroen

Jernbanebroen er implementeret i modellen i form af blokering af beregningsceller svarende til bropillernes størrelse. Broen er derfor beskrevet med fem bropiller i en bredde på ca. 1 m i hele brobredden på ca. 15 m. Der vurderes at være en samlet gennemstrømningsbredde på ca. 120 m. Beskrivelse af konstruktionen er foretaget ud fra Google Maps. Jernbanebroen er vist på Figur 28.



Figur 28: Jernbanebroen (foto: Google Maps)

Sjællandsbroen

Sjællandsbroen er implementeret i modellen i form af tolv rørgennemføringer under broen. Hver åbning vurderes at være ca. 5 m bred og gå ned til havbunden. Det giver en samlet gennemstrømningsbredde på ca. 60 m. Beskrivelse af konstruktionen er foretaget ud fra DHI's tidligere undersøgelser [9] og Google Maps. Foruden den begrænsende gennemstrømning igennem de 12

sektioner er der en åbning til skibe på ca. 15 m ind til det mindre havnebassin Slusehavnen, der er forbundet med skibsslusen. Sjællandsbroen er vist på Figur 29.



Figur 29: Sjællandsbroen (foto: Google Maps)

Stigbordene og skibsslusen

Stigbordene er implementeret i modellen i form af en samlet overløbsstruktur, hvor vandgennemstrømningsbredden øges som funktion af konstruktionsopbygningen. Brokonstruktionen består af 28 stigbord, inddelt i to hovedsektioner adskilt af en mindre ø i midten. Normalt er kun 2 af stigbordene åbne. Stigbordene er den konstruktion i Københavns Havn, der har størst indflydelse på vandstandsforskellene mellem nord og syd.

Tabel 8: Stigbord repræsenteret som en samlet overløbskonstruktion

Topkoter – Tærskelværdier [m DVR90]	Overløbsbredde – Gennemstrømning over tærskel [m]
< -1,860	0
< 0,165	25
< 1,175	50
< 1,500	70
< 2,000	120
< 2,700	130

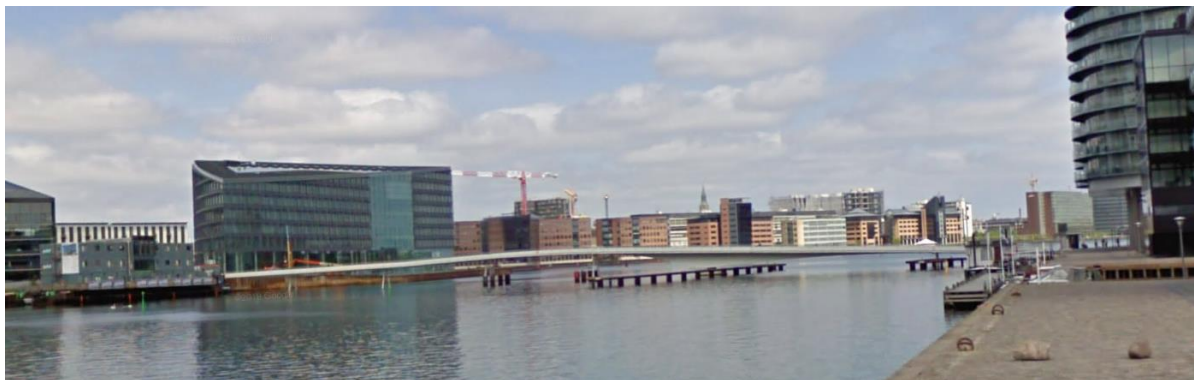
Skibsslusen har en bredde på 11,3 m og bundkote på -3,77 m. Da begge sluseporte ikke er åbne samtidigt, er strømmingen gennem skibsslusen minimal [9]. Skibsslusen er antaget lukket under stormflod og er dermed ikke beskrevet yderligere i modellen. Stigbordene og skibsslusen er vist på Figur 30.



Figur 30: Stigbordene og skibsslusen (foto: Google Maps)

Bryggebroen

Cykel- og gangbroen Bryggebroen er forankret på en større bropille og fire mindre, tobenede støt-tekonstruktioner. Kun bropillen med det større bærende roterende brostykke forventes at påvirke strømningssforholdene, om end beskedent. Broen er derfor simplificeret beskrevet med én bropiller i en bredde på 6 m i hele brobredden på ca. 7,5 m. Der vurderes at være en samlet gennemstrømningsbredde på ca. 180 m. Beskrivelse af konstruktionen er foretaget ud fra Google Maps. Bryggebroen er vist på Figur 31.



Figur 31: Bryggebroen (foto: Google Maps)

Langebro

Langebro er implementeret i modellen i form af blokering af beregningsceller svarende til bropillernes størrelse. Broen er derfor beskrevet med tre større brofag i en bredde på ca. 35 m i hele brovejebanebredden på ca. 32 m. Der vurderes at være en samlet gennemstrømningsbredde på ca. 109 m. Beskrivelse af konstruktionen er foretaget ud fra Google Maps. Langebro er vist på Figur 32.



Figur 32: Langebro (foto: Google Maps)

Lille Langebro

Cykel- og gangbroen Lille Langebro er implementeret i beregningsmodellen i form af blokering af beregningsceller svarende til bropillernes størrelse. Broen er derfor beskrevet med to bropiller i en bredde på ca. 5,5 m i hele brobredden på ca. 8 m. Der vurderes at være en samlet gennemstrømningsbredde på ca. 139 m. Beskrivelse af konstruktionen er foretaget ud fra Google Maps. Lille Langebro er vist på Figur 33.



Figur 33: Lille Langebro (foto: Mark Sharovsky)

Knippelsbro

Knippelsbro er implementeret i modellen i form af blokering af beregningsceller svarende til bropillernes størrelse. Broen er derfor beskrevet med to større brofag, hvor bropillernes bærende sektionerne med tårnene har en bredde på 9,5 m i hele brovejebanebredden på ca. 28 m. Der vurderes at være en samlet gennemstrømningsbredde på ca. 47,5 m. Beskrivelse af konstruktionen er foretaget ud fra Google Maps. Knippelsbro er vist på Figur 34.



Figur 34: Knippelsbro (foto: Google Maps)

Inderhavnsbroen

Cykel- og gangbroen Inderhavnsbroen er implementeret i modellen i form af blokering af beregningsceller svarende til bropillernes størrelse. Broen er forankret på to større bropiller og otte mindre støttekonstruktioner. Det er vurderet, at kun bropillerne bærende de roterende brostykker forventes at påvirke strømningsforholdene, og det kun beskedent.

Broen er derfor simplificeret beskrevet med to bropiller i en bredde på 2,5 m i en brobredde på ca. 15 m. Der vurderes at være en samlet gennemstrømningsbredde på ca. 170 m. Beskrivelse af konstruktionen er foretaget ud fra Google Maps. Inderhavnsbroen er vist på Figur 35.



Figur 35: Inderhavnsbroen (foto: Google Maps)

Trekroner Fort

Trekroner Fort er implementeret i modellen i form af blokering af beregningsceller svarende til konstruktionens størrelse. Trekroner Fort og dens ydermoler ses på Figur 36.



Figur 36: Trekroner fortet (foto: Google Maps)

BILAG 2 KORTLÆGNING AF MAKSIMALE OVERSVØMMELSESUDBREDELSE UDEN YDERLIGERE STORMFLODSSIKRING – NUVÆRENDE SITUATION



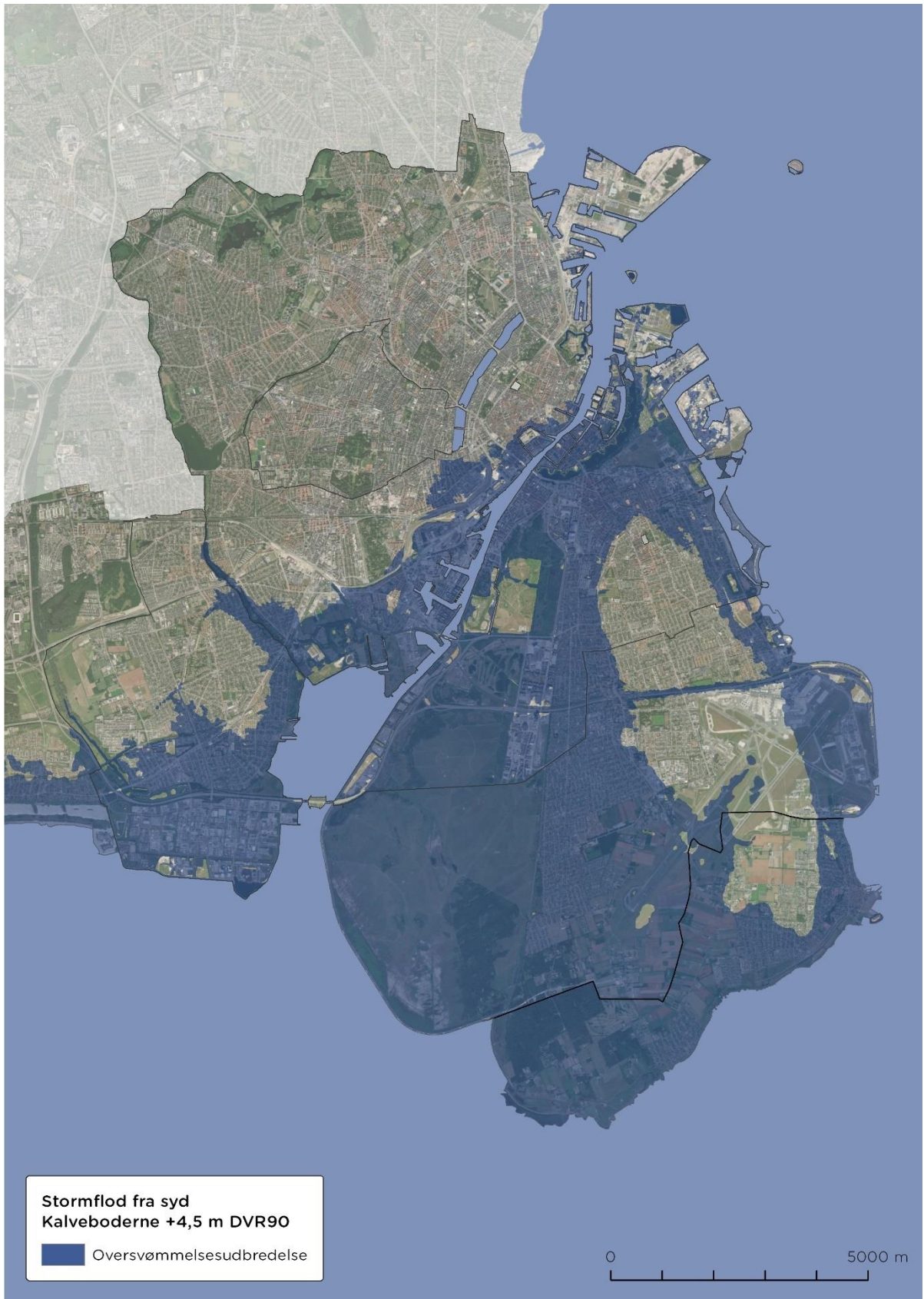


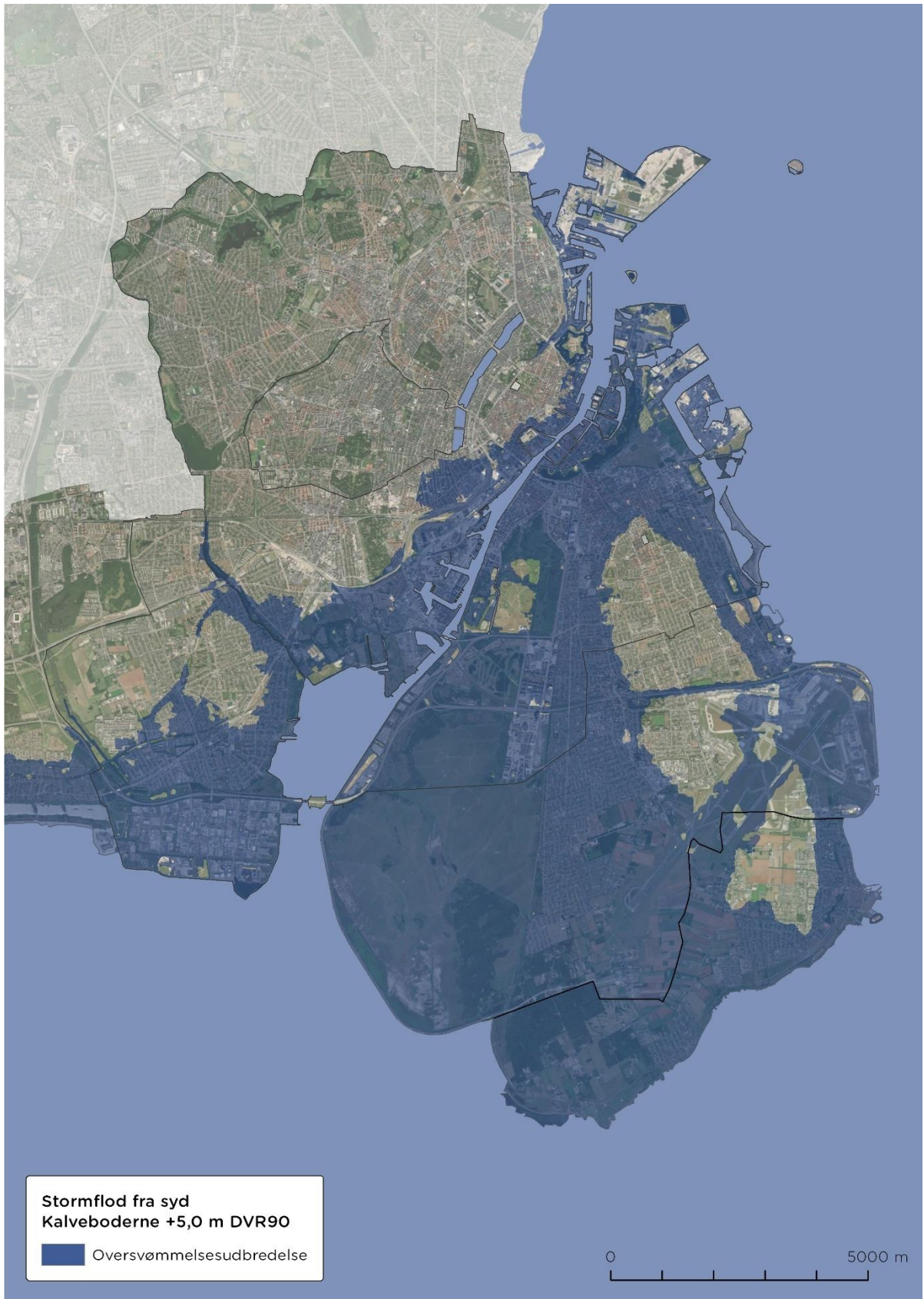










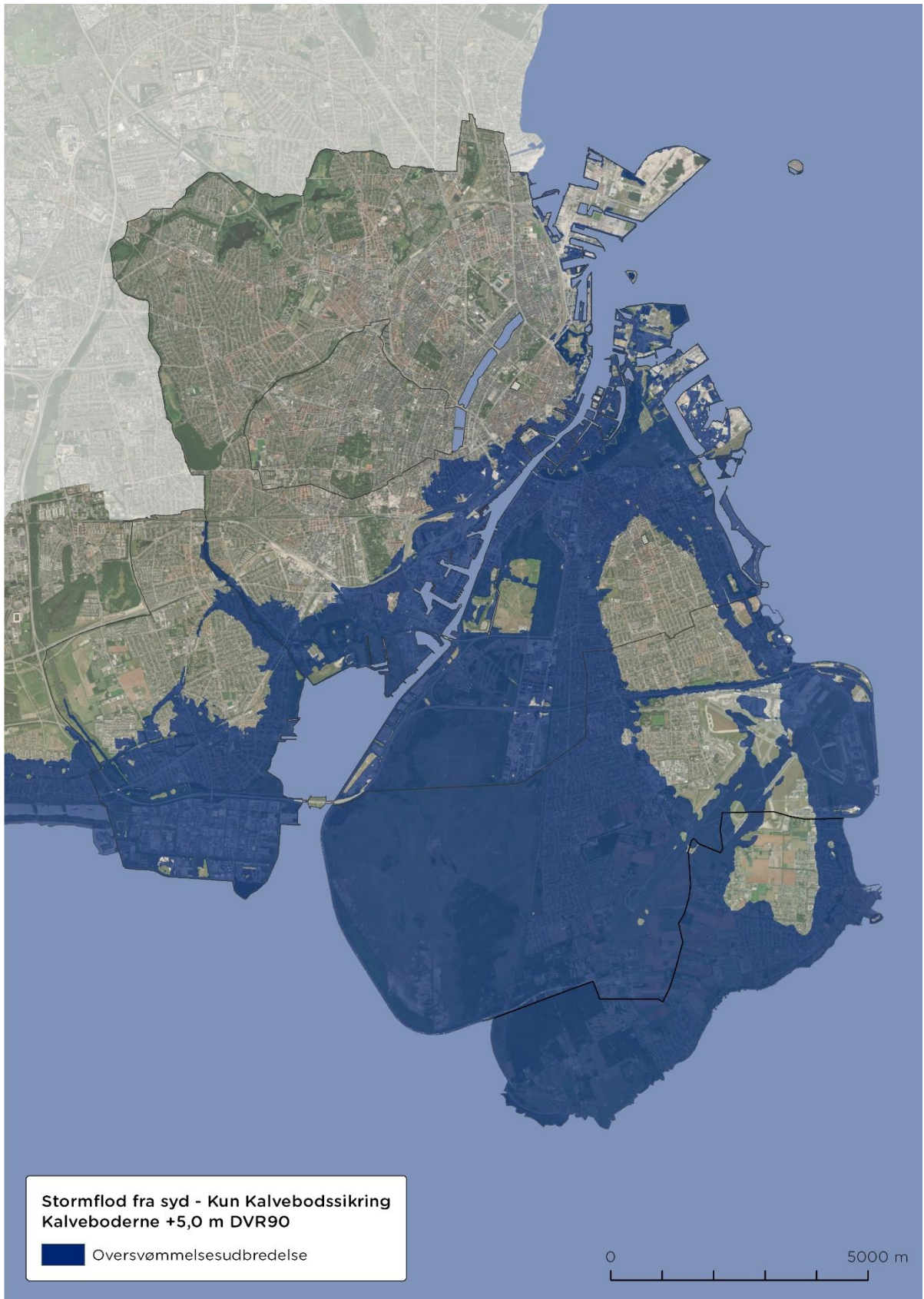


BILAG 3 KORTLÆGNING AF MAKSIMALE OVERSVØMMELSESUDBREDELSE MED STORMFLODSSIKRING VED KALVEBODERNE UN- DER STORMFLOD FRA SYD









BILAG 4 FASTLÆGGELSE AF ENHEDSPRISER FOR SKADES- OG TABSOMKOSTNINGER

Dette bilag gennemgår enhedsomkostningerne for oversvømmelseskader, som er inkluderet i skadesanalysen samt eventuelle antagelser gjort i forbindelse med prissætningen. For hver enhedsomkostning gennemgås ligeledes, ved hvilken vanddybde en skade indtræffer.

Skader (beboelse)

Ved stormflod kan vand strømme ind i boliger og forårsage skader på selve bygningen og dets fundament samt møbler, elektronisk inventar og andre løsøre. Disse skader på selve bygningen samt løsøre prissættes som skadesomkostninger på privat grund. Tabel 9 viser enhedsomkostningerne, der anvendes i risikomodelleringen.

Tabel 9: Enhedsomkostninger for skader på boliger. For alle priser anvendes grundarealet af en bygningspolygon. Det antages, at en kælder og en stue har samme areal som grundarealet.

Kategori	2017-Værdi	Enhed	Tærskel [cm]	Kilde
Beboelse				
Skade stueetage i parcelhus, rækkehus, andet privat	3.599	kr./m ² stue	>10	COWI [2]
Skade stueetage etagebyggeri	3.599	kr./m ² stue	>100	COWI [2]
Skade kælderetage	2.480	kr./m ² kælder	>10	Rambøll justeret ift. COWI's saltvandspriser [11]

I analysen er det antaget, at såfremt en bygning har en kælder, da vil både kælder og stue oversvømmes.

Enhedspriserne for skadesomkostninger i stueplan på bygninger er baseret på COWI's pris for oversvømmede beboelse [2]. Enhedspriser for kælderoversvømmelse er baseret på Rambølls analyse af forsikringsdata i Gentofte Kommune [11], som efterfølgende er korrigeret i forhold til skader ved stormflod fremfor skybrud. I analysen for Gentofte Kommune beregnedes enhedspriser for skader ved skybrud, og idet oversvømmelser ved stormflod har et højere saltindhold og længere varighed, vil skaderne ved stormflod typisk være større end ved skybrud. Prisen for kælderoversvømmelser er derfor beregnet gennem følgende trin:

1. Enhedspriser for oversvømmelseskader af kælder ved skybrud hentes fra [11]: 804 kr. i 2017-pris.
2. Enhedspriser for oversvømmelseskader af stueetage ved stormflod indhentes fra [2]: 3599 i 2017-pris samt for ved skybrud fra [15]: 1167 kr. i 2017-pris. Forholdet imellem disse er 3,1.
3. Faktoren 3,1 gangedes på prisen fra trin 1.

Den skadesudløsende vanddybde for boliger med og uden kælder sættes til 0,1m vand på terræn for alle hustyper undtagen etagebyggeri. Denne dybde på 0,1 m er anvendt i lignende analyser og modeller i bl.a. København og er fastsat ud fra en vurdering af faktiske forhold, hvor en kantsten typisk er 0,1 m høj, og en sokkel er minimum 0,1 m. Desuden antages det, at husstande selv sikrer indtil 0,1 m.

For etagebyggeri er tærsklen for skader i stueplan sat til 1 m, da stueplan i de fleste etagebyggerier i området typisk ligger noget over terræn. Her antages det, at det gennemsnitlige stueplan i et etagebyggeri ligger i en højde på 1 m over terræn.

Oprydning (beboelse)

Når der sker oversvømmelser af boliger, medfører det typisk et efterfølgende oprydningsarbejde. I disse tilfælde kan privatpersoner vælge enten selv at foretage oprydning og opsætning af affugter etc., eller de kan hyre professionelle servicefolk til at klare oprydningsarbejdet. Enhedsomkostningerne for oprydning hos private ses i Tabel 10.

Tabel 10: Enhedsomkostning for oprydning i boliger

Kategori	2017-Værdi	Enhed	Tærskel [cm]	Kilde
Beboelse				
Oprydning stueetage parcelhus, rækkehus, andet privat	4.800	kr./husstand	>10	Rambøll [11]
Oprydning stueetage etagebyggeri	4.800	kr./husstand	>100	Rambøll [11]
Oprydning kælderetage	4.800	kr./husstand	>10	Rambøll [11]

Prissætningen af de samfundsøkonomiske omkostninger til oprydning er fastlagt på baggrund af [11]. I prissætningen opdeles oprydningsomkostninger i enten A) det tidsforbrug privatpersoner har ved selv at rydde op eller B) den omkostning privatpersoner vil have ved at hyre fagfolk, samt den overordnede leje af affugter. Prissætningen i dette afsnit indeholder ikke omkostninger til genopbygning, da disse ligger under boligskader.

Enhedsprisen for oprydning beregnes gennem følgende trin:

1. A: Husstanden rydder selv op:

Andelen af husstande, der selv vil rydde op, identificeres ved hjælp af Arnbjerg-Nielsen et al. [16] til 50%, og følgende informationer indhentes eller antages:

- Værdien af tabt fritid i kr./($\text{år} \cdot \text{person}$) indhentes fra PLASK [17].
- Det antages, at der i gennemsnit kun er én person pr. bolig, der rydder op.
- Det antages, at oprydning som følge af oversvømmelse i gennemsnit tager 8 timer for en privatperson.

Den tabte arbejdsindkomst pr. bolig som følge af oprydning, beregnes ved at standardisere indkomsten fra værdien af tabt frihed til en timeenhed i kr./($\text{person} \cdot \text{time}$) og gange denne med antal personer pr. bolig, der rydder op (1 person), og det brugte antal timer (8 timer).

B: Husstanden hyrer fagfolk til oprydningen:

De resterende 50% af husstande med kælderoversvømmelser antages at hyre professionelle og følgende informationer indhentes eller antages:

- Priserne for de nødvendige services, transportomkostninger, omkostning til materialer og leje af affugter indhentes fra bygningskontrol.dk [18] og bolius.dk [19].
- Det antages, at professionelle i gennemsnit kan klare oprydning på 4 timer.

Privates omkostning til professionelle beregnes som den totale timepris ganget med timeforbruget (4 timer). Derudover tillægges resterende ekspeditionsgebyrer, transportomkostninger og omkostning til materialer.

2. Det antages, at uanset hvem der rydder op, skal der installeres en affugter i gennemsnitligt en uge.
3. Den totale omkostning til oprydning for husstanden beregnes som 50% ganget tabt arbejdsindkomst (1d) plus 50% ganget omkostning til professionelle (1g) plus en uges leje af affugter (trin 3).

De fremskaffede enhedspriser samt antagelser er opstillet i Tabel 11.

Tabel 11: Enhedspriser og værdier for oprydning af private og professionelle

Gennemsnitlig pris for samlet servicepakke	Værdi	Enhed	Kilde
Andel af husstande, der selv rydder op	50	%	Arnbjerg-Nielsen et al. [16],
Servicemedarbejder – timeløn	548,00	kr./time	Dansk Bygningskontrol [18]
Timeforbrug pr. hændelse			
<i>Private</i>	8	timer	Antagelse
<i>Servicefolk</i>	4	timer	
Kørsel	11,25	kr./km	Dansk Bygningskontrol [18]
Afstand fra central til bygning	10	km	Antagelse
Ekspeditionsgebyr (adm. gebyr for underleverandør/materialer)	10/10	%	Dansk Bygningskontrol [18]
Gennemsnitlig leje af affugter	222,50	kr./dag	Bolius [19]
Gennemsnitlig lejeperiode	7	dage	Antagelse baseret på Bolius [19]

Da der forventes skader på boliger med kælder ved 0,1 m, udløses værdien for oprydning ved minimum 0,1 m dybt vand for boliger.

Genhusning

Efter særligt voldsomme stormfloder kan særligt udsatte boliger være så voldsomt ramt, at det vil være nødvendigt at genhuse nogle beboere. Generelt vurderes en genhusning at være nødvendig, hvis essentielle boligfaciliteter, såsom køkken, bad/toilet eller store dele af boligen, der benyttes dagligt, er oversvømmet eller så beskadiget, at de ikke længere kan benyttes. Enhedsprisen for genhusning ses i Tabel 12.

Tabel 12: Enhedsomkostning for genhusning af private

Kategori	2017-Værdi	Enhed	Tærskel [cm]	Kilde
Beboelse				
Genhusning parcelhus, rækkehus, andet privat	148.000	kr./husstand	>40	Rambøll [11]
Genhusning etagebyggeri	148.000	kr./husstand	>130	Rambøll [11]

Prisen for genhusning er ligeledes baseret på en skadesundersøgelse foretaget i Gentofte Kommune. Når beboer genhuses, har de krav på at blive genhuset i en bolig, der svarer til boligen, de blev genhuset fra sammenlignet på antal kvadratmeter, antal værelser og/eller den månedlige husleje (Forsikring og Pension [20]). Beboerne får derudover godtgjort huslejen for genhusning, eventuelle ekstra transportomkostninger og basale fornødenheder. En genhusning kan som udgangspunkt kun vare op til ét år.

Beregningen af omkostningen til samfundet ved genhusning, består således af omkostning til husleje i genhusningsboligen og omkostninger til mertransport og basale fornødenheder. Enhedsprisen for genhusning gives i kr./bolig med oversvømmet stue og beregnes ved følgende trin:

1. Omkostningen ved genhusningshuslejen beregnes fra følgende:
 - En gennemsnitlig kvadratmeterpris (kr./m²) for boliger i Gentofte beregnes ud fra online udbudspriser (kr./md. og kvadratmeter) - i alt 22 boliger.
 - En gennemsnitlig boligstørrelse (m²) findes.
 Den gennemsnitlige husleje for boliger i Gentofte beregnes som gennemsnitlig kvadratmeterpris gange gennemsnitlig boligstørrelse i kr./md.
2. Omkostningerne til mertransport og fornødenheder vurderes til gennemsnitlig 5.000 kr./md. (antagelse). Dette dækker en forventning om ekstra transportomkostninger fra genhusningslokationen til fx arbejde samt indkøb af essentielle genstande, der er nødvendige for det daglige virke.
3. Genhusningsperioden vurderes til 6 måneder, hvilket omfatter besigtigelse af skader, reparationer og fjernelse af fugt etc.
4. De månedlige omkostninger fra 1 og 2 ganges med varigheden fra 3 og giver 147.516 kr. per genhuset bolig. Prisen afrundet til 148.000 kr.

Informationerne er samlet i Tabel 13.

Tabel 13: Information om genhusning af private

Kategori	Værdi	Enhed	Kilde
Gennemsnitlig kvadratmeterpris, Gentofte	139,90	kr./(m ² · md.)	Akutbolig [21], Boligportal [22]
Kvadratmeter for en gennemsnitlig villa	140	m ²	boligsiden.dk [23]
Omkostninger til mertransport og fornødenheder	5.000,00	kr./md.	Antagelse
Varighed for genhusning	6	mdr.	Antagelse

Da det forventes, at der skal stå noget højere vandstande omkring en bolig, der skal genhuses, end vandstanden, der udløser fx oprydning, sættes den udløsende dybde til 0,20 m over tærsklen for skader.

Elsvigt

Ved store vanddybder kan elektriske installationer blive beskadiget eller bevidst sættes ud af drift fra forsyningens side for at eliminere risikoen for stød. Prisen for elsvigt ses i Tabel 14 og stammer fra PLASK [12].

Tabel 14: Enhedsomkostning for elsvigt

Kategori	2017-Værdi	Enhed	Tærskel [cm]	Kilde
Beboelse				
Elsvigt parcelhus, rækkehus, andet privat	2.046	kr./husstand	>40	PLASK [12]
Elsvigt etagebyggeri	2.046	kr./husstand	>130	PLASK [12]

Tærsklen for elsvigt er højere end de fleste andre tærskler, da det antages, at elektriske installationer i bygninger oftest sidder i en vis højde. Ligesom ved genhusning, antages det derfor, at der skal stå minimum 0,3 m mere vand end ved skader, dvs. 1,3 m for etagebyggeri og 0,4 m for alle andre typer byggeri.

Sygdom – Novovirus, Hepatitis A og Leptospirose

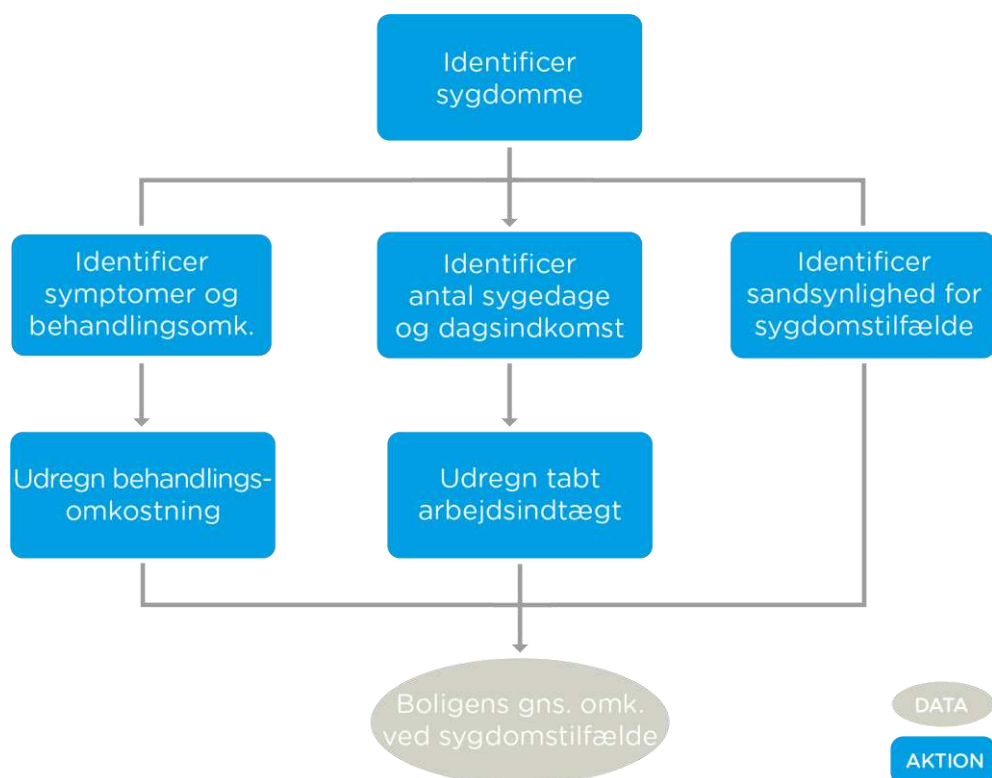
Ved stormflod kan spildevand løbe til det vand, der under hændelsen flyder på overfladen og muligvis oversvømmer stuer og kældre. Kontakt med det forurenede vand, enten ved færdsel på gaden eller ved oprydning, kan resultere i en række sygdomme. At folk bliver syge, har en omkostning for samfundet både i form af direkte behandling og som følge af tabt produktion. Enhedsprisen for sygdom ses i Tabel 15.

Tabel 15: Enhedsomkostninger for sygdomme

Kategori	2017-Værdi	Enhed	Tærskel [cm]	Kilde
Beboelse				
Sygdom - novovirus	3.200	kr./husstand med kældre	>10	Rambøll [11]
Sygdom - Hepatitis A og Leptospirose	800	kr./husstand	>10	Rambøll [11]

Prissætningen af sygdomme hentes ligeledes fra [11]. Der er blevet identificeret tre forskellige sygdomme, som er særligt relevante i forbindelse med oversvømmelser: Novovirus, Hepatitis A og Leptospirose/Weills. De tre sygdomstyper er identificeret ved et mindre litteraturstudie.

Den overordnede fremgangsmåde for beregningen af sygdomsomkostninger ved oversvømmelser, er illustreret i Figur 37.



Figur 37: Fremgangsmåde for beregning af omkostninger ved sygdomstilfælde

For hver sygdomstype er følgende parametre undersøgt:

- Sandsynligheden for at få sygdommen ved kontakt med vand fra oversvømmelse blandt andet via Netdoktor [24] og information fra Statens Seruminstitut
- Andel af tilfælde, der kræver sygehusindlæggelse. Det antages, at tilfældet er akut, hvis der kræves indlæggelse
- Antal sygedage (akut og ikke-akut)
- Tabt arbejdsfortjeneste, pr. sygedag
- Overordnet vurdering af sygdommens symptomer (akut og ikke-akut), se Tabel 16.

Tabel 16: Sygdommenes registrerede symptomer og tilknyttede behandlinger

Sygdom	Symptomer	Tilknyttet behandlingsform	Kilde
Novovirus			
Ikke akut	Diarré, feber, mavesmerter & opkast	Personlig henvendelse på lægeklinik, Laboratorieundersøgelser og blodprøver	Takstvejledningen 2017 [25] samt Rambølls egne antagelser
Akut	Som ved ikke-akut, samt alvorlig dehydrering	Som ovenfor samt: Hospitalsindlæggelse, behandling for virussygdom og indlæggelse til observation	Takstvejledningen 2017 [25] samt Rambølls egne antagelser
Hepatitis A			
Ikke akut	Gulsot og diarré	Personlig henvendelse på lægeklinik, laboratorieundersøgelser og blodprøver	Takstvejledningen 2017 [25] samt Rambølls egne antagelser

Akut	Træthed og leversvigt	Som ovenfor samt: Hospitalsindlæggelse; behandling for leverinfektion og virussygdomme samt indlæggelse til observation	
Leptospirose/Weills			
Ikke akut	Forkølelseslignende symptomer, hovedpine og svære muskelsmerter	Personlig henvendelse på lægeklinik, Laboratorieundersøgelser og blodprøver	Wastewater Gardens [26], Takstvejledningen 2017 [25] samt Rambølls egne antagelser
Akut	Meningitis, Leverskade, påvirkning af lunger og nyresvigt	Som ovenfor, samt: Hospitalsindlæggelse; behandling for lever-, luftvejs- og nyreinfektion, virussygdomme samt indlæggelse til observation	Tiwari [27] , NHS Choices [28], Takstvejledningen 2017 [25] samt Rambølls egne antagelser

Parametrene indhentet er listet i Tabel 17.

Tabel 17: Information om relevante sygdomme

Sygdomstyper	Novovirus		Hepatitis A		Leptospirose/Weills	
	Akut	Ikke akut	Akut	Ikke akut	Akut	Ikke akut
Sandsynlighed for tilfælde	5%		0,001%		0,001%	
Fordeling (akut/ikke-akut)	5%	95%	0,1%	99,9%	0,0004%	99,9996%
Dages varighed ekskl. weekender	10	5	35	13,5	10	5
Kræver sygehusbehandling og -indlæggelse	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej

Ved identifikationen af sandsynligheden for sygdomstypen Hepatitis A er samme sandsynlighed brugt som for den sjældnere sygdom, Leptospirose. Denne antagelse benyttes, da der ikke kunne fremskaffes data eller cases, hvor sandsynligheden har været nævnt eller har kunnet beregnes ud fra. Sandsynligheden har kun været kvalitativt beskrevet som "Meget sjældent" fremkommende.

Omkostningerne til behandling er estimeret og opdelt i omkostninger relateret til henholdsvis: 1) Kontakt med lægeklinik, 2) Hospitalsindlæggelse, samt 3) Behandling på hospital under indlæggelse (Dødsfald og værdisætning af denne er ikke medtaget i beregningerne.

Fremgangsmåden for beregning af behandlingsomkostninger er beskrevet i nedenstående trin, hvor omkostninger kombineres med sygdommens symptomer til kr./sygdom:

1. Omkostninger til kontakt med lægeklinik identificeres igennem omkostninger til almindelig konsultation og laboratorieprøver.
2. Antal nødvendige behandlinger på sygehus og hospitalsindlæggelser angives for hver sygdom for hhv. akut og ikke-akut.

3. Sygdomssandsynligheden ganges på behandlingstaksten i Tabel 18 for hver sygdomstype:
 - Novovirus sygdomme (kr./person for kælderoversvømmelse):
Det antages, at novovirus sygdomme indtræffer som følge af længerevarende fysisk aktivitet i det forurenede vand, fx under oprydning. Ved oprydning er der større risiko for at komme i fysisk kontakt med og herigennem indtage bakterierne fra det forurenede vand. Det er specielt i oversvømmede kældre, hvor privatpersoner vælger selv at rydde op, at vandet typisk vil være stillestående, og derfor udløses novovirus sygdomme kun ved kælderoversvømmelse.
 - Andre (Hepatitis A og Leptospirose sommeret) (kr./person):
Sandsynligheden for disse sygdomstilfælde er beregnet ud fra generel kontakt med forurenede vand, dvs. på gadeplan såvel som i boligen. Her beregnes behandlingsomkostningen som en gennemsnitlig omkostning/person.

Udover omkostning til behandling er der også en samfundsmæssig omkostning som følge af tabt arbejdsfortjeneste. Denne beregnes ved følgende trin:

4. Lønindkomsten i kr./ $(\text{person} \cdot \text{år})$ for Storkøbenhavn indhentes og standardiseres til dagløn i kr./ $(\text{person} \cdot \text{dag})$.
5. Antal sygedage (fratrasket weekender) ganges med daglønnen/person. Herved beregnes omkostningen ved tabt arbejdsfortjeneste som følge af sygdom i kr./person.

Tabel 18: Behandlingsomkostninger

Behandling	Værdi	Enhed	Kilde
1. Kontakt til lægeklinik			
Alm. konsultation	140	kr./gang	Sundhedsdatastyrelsen [25]
Laboratorieprøver			
<i>Dyrkning af bakterier og lungefunktionsundersøgelse</i>	118	kr./prøve	Sundhedsdatastyrelsen [25]
<i>Blodprøve</i>	48	kr./prøve	
<i>Fremsendelse af biologisk materiale</i>	96	kr./prøve	
Håndkøbsmedicin (penicillin/antibiotika)	94/132	kr./måned	Lægemiddelstyrelsen [29]
2. Hospitalsindlæggelse			
Indlæggelse (under 65 år/65 år+)	2.500/9.000	kr./(dag · indlæggelse)	Sundheds- og Ældreministeriet [30]
3. Behandling på hospital under indlæggelsen			
Behandlingstakster/observation			
<i>Luftveje</i>	Gns. 31.454/15.654	kr./behandling	Sundhedsdatastyrelsen [25]
<i>Lever</i>	21.776/13.838	kr./behandling	
<i>Nyrer</i>	Gns. 40.320/11.176	kr./behandling	
<i>Virussygdomme</i>	15.109/12.195	kr./behandling	
Gns. liggetider ved behandling/observation			
<i>Luftveje</i>	Gns. 4,7/2,0	dage	Sundhedsdatastyrelsen [25]
<i>Lever</i>	5,0/3,0	dage	
<i>Nyrer</i>	Gns. 4,7/1	dage	
<i>Virussygdomme</i>	2,0/2,0	dage	
4. Tabt arbejdsindkomst			
Gennemsnitlig dagsindkomst for beboere i Gentofte Kommune	2.650	kr./dag	Danmarks Statistik (INDPK105) [31]

I den afsluttende beregning benyttes det, at der i området er gennemsnitligt 2,1 personer pr. bolig, og gennemsnitligt 1,7 voksne pr. bolig. Det antages, at kun voksne bliver påvirket af risikoen for tabt arbejdskraft, mens hele familien kan risikere at blive syge og skulle behandles. Resultatet for behandlingsomkostningerne i trin 3 ganges således med 2,1 personer og giver behandling i kr./bolig, mens den tabte arbejdskraft i trin 5 ganges med 1,7 personer og giver tabt arbejdskraft pr./bolig. Disse summeres og giver den samlede samfundsøkonomiske omkostning pr. bolig.

Ifølge Netdoktor.dk er der risiko for virussygdomme så snart en person er i kontakt med opstuvet vand, hvilket bl.a. vil ske, når der skal ryddes op grundet vand i kælderen. Derfor udløses virus-sygdomme, når oprydning i kælder udløses, hvilket sker ved 0,1 m. Det besluttes at fastlægge andre sygdomme ved samme tærskel.

Mental stress og angst

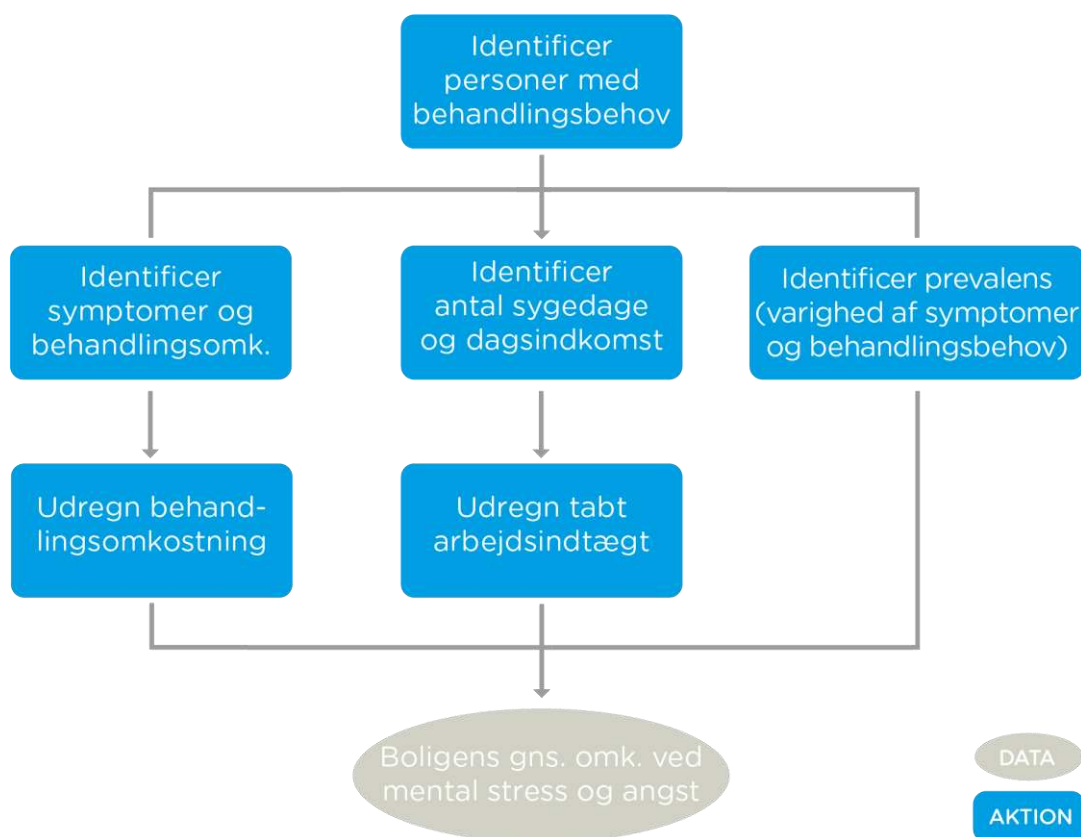
Oversvømmelser påvirker ikke kun personer i området fysisk, men kan også give mentale mén i form af stress og angst. Dette har omkostninger for samfundet til både behandling i de moderate og alvorlige tilfælde samt tabt arbejdsfortjeneste, som følge af nedsat produktivitet i de mest alvorlige tilfælde. Enhedsprisen for mental stress og angst ses i Tabel 19.

Tabel 19: Enhedsomkostninger for mental stress og angst

Kategori	2017-Værdi	Enhed	Tærskel [cm]	Kilde
Beboelse				
Mental stress og angst etagebyggeri	15.100	kr./husstand	>130	Rambøll [11]
Mental stress og angst parcelhus, rækkehus, andet privat	15.100	kr./husstand	>40	Rambøll [11]

Prisætningen af mental stress og angst stammer fra [11], og metoden for beregningen af enhedsprisen følger fremgangsmåden i FEMA [32] samt Schoenbaum et al. [33]. Beregningen foretages ved at identificere behovet for behandling, og hvor alvorlig tilfældet er, og derfra hvor omfattende en behandling, der er nødvendig. Derudover forventes det, at ikke alle i behandling har brug for/vælger den fulde behandling. Da behandling af mentale mén er en proces, der strækker sig over tid, inkluderes prævalensen, der beskriver antallet af personer, der fortsat har behov for behandling i perioder af 6 måneder op til 30 måneder, efter hændelsen.

Den overordnede fremgangsmåde i prissætningen af mental stress og angst ved oversvømmelser, er illustreret i Figur 38.



Figur 38: Fremgangsmåde for beregning af omkostninger ved mental stress og angst

Beregningen af enhedsprisen er opstillet i trin nedenfor:

1. Følgende data indhentes fra FEMA (2012) og korrigeres herefter for danske forhold:
 - Andel af personer, der har behov for behandling efter en oversvømmelse
 - Andel af tilfælde, der er hhv. moderate og alvorlige
 - Andel, der modtager tilstrækkelig og utilstrækkelig behandling (fx hvis behandlingen afbrydes før tid)
 - Prævalensen i mental stress og angst i perioderne 7-30 måneder efter hændelse
 - Tabt produktion, som effekt på lønindkomsten

Data er opstillet i Tabel 20.

Tabel 20: Information om stress og angst

Mental stress og angst	Andel	Kilde
Behandlingsbehov		
Brug for behandling	41,1%	FEMA [32]
Ikke brug for behandling	58,9%	
Tilfælde, der kræver behandling		
Andel med moderate mentale mén	13,0%	50% af værdien i FEMA [32]
Andel med alvorlige mentale mén	4,0%	Levinson, et al. [34] (gennemsnit af Belgien, Frankrig, Holland og Tyskland)
Behandlingsniveau		
Tilstrækkelig behandling	25,1%	FEMA [32]
Utilstrækkelig behandling	16,0%	
Periodisk udvikling i prævalens (moderat/alvorlig)		
7-12 måneder	13,0% / 4,0%	FEMA [32] og Levinson, et al. [34]
13-18 måneder	9,5% / 4,6%	
19-24 måneder	7,0% / 4,6%	
25-30 måneder	4,5% / 3,9%	
Tabt produktion		
Effekt på produktiviteten (kun ved alvorlige tilfælde)	29,8%	Levinson, et al. [34] (gennemsnit af Belgien, Frankrig, Holland og Tyskland)
Antal voksne pr. bolig	1,7	Danmarks Statistik [31]

I korrigeringen til danske forhold er det vurderet, at en repræsentativ værdi for andelen af berørte personer, der for moderate tilfælde er vurderet til at være halvdelen (13%) af den amerikanske værdi (26%). Dette er en vurdering gjort ud fra en sammenligning af alvorligheden af amerikanske oversvømmelser med danske. I USA er oversvømmelser ofte voldsommere, og folk er oftest dårligere stillet grundet manglende forsikringer. Det er desuden antaget, at man i Danmark ikke vil opleve sygehusindlæggelser som direkte konsekvens af mental stress og angst fra oversvømmelser, som det er set i amerikanske prissætninger.

Omkostningsberegningen sker herefter gennem følgende trin:

2. Danske priser for lægebesøg, terapi og receptmedicin anvendes [29].
3. Omkostningen til behandling af hhv. moderate og alvorlige tilfælde beregnes ved at kombinere behovet i en 6 måneders periode (antal besøg hos lægen/terapeuten og udskrivelse af receptmedicin) med enhedsomkostningerne i kr./((tilfælde · person · 6 mdr.), på baggrund af fremgangsmåden i [33].
4. Andelene fundet i trin 1 ganges med omkostninger i trin 3. Dette giver den gennemsnitlige omkostning til behandling pr. person i en 6 måneders periode.

5. Omkostningen i trin 4 ganges med prævalensandelene fra trin 1, for hhv. moderate og alvorlige tilfælde og summeres. Dette giver den gennemsnitlige behandlingsomkostning pr. person.

Udover behandling af mental stress og angst skal den tabte arbejdsfortjeneste også prissættes. Dette gøres ved følgende trin:

6. Lønindkomsten pr. person i området i kr./((person · år) indhentes og omregnes til kr./((person · måned).
7. Effekten fundet i trin 1 ganges på lønindkomsten af trin 6 og ganges med 6, sådan at den svarer til periodeopdelingen for prævalensen i kr./((person · 6 mdr.).
8. Den tabte arbejdsfortjeneste pr. 6 måneder fra trin 7 ganges med prævalenserne for alvorlige tilfælde for de fire periodeopdelinger og summeres. Herved findes den gennemsnitlige omkostning ved tabt arbejdsfortjeneste pr. person i kr./person.
9. Omkostningen pr. person fra trin 8 ganges med antal voksne pr. bolig (1,7 - indhentet fra Danmarks Statistik FU51) og giver kr./bolig.

Det forventes, at mental stress og angst påvirker beboere i forbindelse med genhusning. Da tærsklen for genhusning er sat til henholdsvis 1,3 m for etagebyggeri og 0,4 m for andre boliger, fastlægges tærsklen for mental stress og angst ligeledes ved disse tærskler.

Skader (erhverv)

Ligesom der ved stormfloder kan strømme vand ind i boliger og forårsage skader, sker det også for erhvervsbygninger. Skader på erhvervsbygninger dækker over skader på samtlige typer af bygninger registreret som erhverv. Tab af løsøre og tabt produktion dækkes i separate afsnit. Enhedsprisen for skader på erhvervsbygninger ses i Tabel 21.

Tabel 21: Enhedsomkostninger for skader på erhvervsbygninger

Kategori	2017-Værdi	Enhed	Tærskel [cm]	Kilde
Erhverv				
Skade erhvervsbygning	3.756	kr./m ² erhverv	>10	Rambøll justeret ift. COWI's saltvandspriser

Skader på erhvervsbygninger prissættes på samme vis som skader på kælderarealer ud fra studiet gennemført på forsikringsdata indsamlet i Gentofte Kommune [35], som efterfølgende korrigeres til en skadespris for stormflod fremfor skybrud:

1. Enhedspriser for oversvømmelsesskader af erhverv ved skybrud hentes fra [11]: 1218 kr. i 2017-pris.
2. Enhedspriser for oversvømmelsesskader af stueetage ved stormflod indhentes fra [2]: 3599 i 2017-pris samt for ved skybrud fra [15]: 1167 kr. i 2017-pris. Forholdet imellem disse er 3,1.
3. Faktoren 3,1 gangedes på prisen fra trin 1.

Denne pris anvendes for alle typer af erhverv. Idet der endnu ikke foreligger studier, som udspecificerer enhedsprisen for skader af oversvømmet erhverv på erhvervstyper, er det ikke muligt at

differentiere mellem erhverv. Dette vil naturligvis give nogle over- og underestimeringer afhængigt af erhverv, som der på nuværende tidspunkt med nuværende vidensgrundlag ikke kan tages ordentligt hånd om. Nærmere studier i skader afhængige af erhvervstyper anbefales.

Det antages, at den skadesudløsende dybde for erhvervsbygninger kan fastlægges ved samme tærskel som boliger (0,1 m).

Oprydning (erhverv)

Ligesom for private kan der strømme vand ind i bygninger, som efterfølgende vil føre til påkrævet oprydning. Det antages, at virksomheden hyrer eksterne servicefolk, og derfor oplever virksomheden ikke yderligere tab af tid eller drift/produktion. Enhedsprisen for oprydning i erhvervsbygninger ses i Tabel 22.

Tabel 22: Enhedspris for oprydning for erhverv

Kategori	2017-Værdi	Enhed	Tærskel [cm]	Kilde
Erhverv				
Oprydning	10.300	kr./erhverv	>10	Rambøll [11]

Enhedsprisen for oprydning i kr. pr. oversvømmet erhverv er i [11] beregnet ved følgende trin:

1. Enhedspris for services i forbindelse med besigtigelse, tømning og opsætning samt leje af affugter indhentes i kr./time.
2. Der gøres en antagelse om antal timer til oprydning pr. hændelse baseret på samme antal timeforbrug til oprydning som for private samt antal døgn til affugtning (antagelse baseret på spænd for antal døgn: 7-60 dage).
3. Gennemsnitlig pris som antal forbrugstimer pr. service beregnes (kr./erhvervsbygning).

Informationerne brugt til at udregne en gennemsnitlig pris ses i Tabel 23.

Tabel 23: Information om oprydning af erhvervsbygning

Gennemsnitlig pris for samlet service-pakke	Værdi	Enhed	Kilde
Service – timeløn (Skadeleder/servicemedarbejder)	710,00/ 548,00	kr./time	Dansk Bygningskontrol [18]
Timer pr. hændelse (Skadeleder/servicemedarbejder)	1/4	timer	Antagelse
Kørsel	11,25	kr./km	Dansk Bygningskontrol [18]
Afstand fra central til bygning	10	km	Antagelse
Ekspeditionsgebyr (adm. gebyr for underleverandør/materialer)	10/10	%	Dansk Bygningskontrol [18]
Leje af affugter	273,00	kr./dag	Bolius [19]
Gennemsnitlig lejeperiode	14	dage	Antagelse baseret på Bolius [19]

Da der forventes skader på erhvervsbygninger ved 0,1 m, udløses værdien for oprydning ligeledes ved minimum 0,1 m dybt vand.

Tab af løvsøre

Tab af løvsøre dækker over skadet inventar og varelager. Inventar og varer kan blive skadet, når det kommer i kontakt med vand, og efter oversvømmelser må virksomheder derfor efter mere ekstreme regnhændelser købe nyt produktionsudstyr, materiel og lignende. Enhedsprisen for tab af løvsøre ses i Tabel 24.

Tabel 24: Enhedsomkostning for tab af løvsøre for erhverv

Kategori	2017-Værdi	Enhed	Tærskel [cm]	Kilde
Erhverv				
Tab af løvsøre	70.300	kr./erhverv	>10	PLASK [12]

Enhedsprisen for tab af løvsøre er hentet fra PLASK. Enhedsprisen beregnes derved ved følgende trin:

1. Omkostninger for tab af løvsøre indhentes fra PLASK [17] i kr./virksomhed.
2. Andelen af erhverv, der oplever tab af løvsøre identificeres gennemsnitligt. Af rapporten fra Forsikring & Pension [15] fremgår det, at 50% af virksomheder oplever tab af løvsøre.
3. Enhedsprisen beregnes som andelen fundet i trin 2 af værdien i trin 1 i kr./virksomhed.

Tabel 25: Enhedsomkostninger forbundet med prissætning af tab af løvsøre

Kategori	Værdi	Enhed	Kilde
Tab af løvsøre	140.614	kr./erhverv	PLASK [17]
Andel med tab af løvsøre	50	%	Forsikring & Pension [15]

Det forventes, at skader på løvsøre kan indtræffe ved samme dybde som skader på bygninger. Den skadesudløsende tærskel for tab af løvsøre sættes derfor ved 0,1 m.

Ligesom ved skader pålægges alle erhvervsbygninger samme pris for tab af løvsøre, hvilket vil give uoverensstemmelser med det reelle skadesbillede.

Tabt produktion

Tabt produktion dækker over produktionstab/tabt salg inden for erhverv i forbindelse med oversvømmelser. Efter større stormflodshændelser kan virksomheder være tvunget til at holde lukket i nogle dage eller uger, hvis fx deres inventar eller bygninger er så beskadigede, at produktionen ikke kan opretholdes. Såfremt at der ikke kan produceres varer eller foretages salg, vil virksomheden opleve tabt produktion. Enhedspriserne for tabt produktion er vist i Tabel 26.

Tabel 26: Enhedsomkostning til tabt produktion for virksomheder

Kategori	2017-Værdi	Enhed	Tærskel [cm]	Kilde
Erhverv				
Tabt produktion	8.300	kr./erhverv	>10	PLASK [12]

Enhedsprisen for den tabte produktion (kr./virksomhed) beregnes ligeledes ved PLASK:

1. Omkostninger for tabt produktion for erhverv indhentes fra PLASK [17] i kr./virksomhed.
2. Andelen af erhverv, der oplever tabt produktion identificeres gennemsnitligt. Af rapporten fra Forsikring & Pension [15] fremgår det, at 5% af virksomheder oplever omkostninger, der er relateret til tabt produktion.
3. Enhedsprisen beregnes som andelen fundet i trin 2 af værdien i trin 1 i kr./virksomhed.

Table 27: Enhedsomkostninger forbundet med prissætning af tabt produktion

Kategori	Værdi	Enhed	Kilde
Tabt produktion	166.653	kr./erhverv	PLASK [17]
Andel med tab af løssøre	5	%	Forsikring & Pension [15]

Det forventes, at virksomheder vil miste produktionsindtægter så snart, der sker skader på virksomhedsbygninger og inventar. Den skadesudløsende tærskel for tabt produktion sættes derfor ved 0,10 m.

Elsvigt

Ligesom ved beboelse kan elektriske installationer blive beskadiget eller bevidst sættes ud af drift fra forsyningens side for at eliminere risikoen for stød. Prisen for elsvigt ses i Tabel 28 og stammer fra PLASK [12].

Table 28: Enhedspris for elsvigt for erhverv

Kategori	2017-Værdi	Enhed	Tærskel [cm]	Kilde
Erhverv				
Elsvigt	6.140	kr./erhverv	>40	PLASK [12]

Igen antages det, at elektriske installationer i bygninger oftest sidder i en vis højde, og tærsklen for elsvigt for erhverv sættes til 0,4 m.

Vejbrud

Som beskrevet i afsnit 5.1.3 kan stillestående vand føre til underminering af veje, som kan føre til brud. Prisen for vejbrud ses i Tabel 29.

Table 29: Enhedspris for vejbrud

Kategori	2017-Værdi	Enhed	Tærskel [cm]	Kilde
Infrastruktur				
Brud – Reetablering vej <6 m	1.889	kr./m	>20	PLASK [12]
Brud – Reetablering vej >6 m	3.988	kr./m	>20	PLASK [12]

Enhedsprisen for vejbrud er hentet fra PLASK. Skaden udløses, når der står mere end 0,2 m vand på vejens centerlinje.

Oprydning (veje)

Efter større stormflod vil der oftest være behov for oprydning på vejene, da vandmasserne kan efterlade diverse rester af affald (og muligvis spildevand) på vejene, hvorfor der vil være behov for efterfølgende oprydning og spuling. Prisen ses i Tabel 30.

Tabel 30: Enhedsomkostning til oprydning af alle typer af veje

Kategori	2017-Værdi	Enhed	Tærskel [cm]	Kilde
Infrastruktur				
Oprydning - alle større veje	3	kr./m ²	>10	PLASK [12]

Oprydning på veje efter stormflod prissættes på baggrund af PLASK (3 kr./m²) [17]. Denne pris er fastlagt på baggrund af prisen for oprydning efter Aalborg Karneval, hvor der ofte er større genstande på veje og store mængder skrald, der skal ryddes.

Det antages, at alle typer af veje (motorvej, motortrafikvej, vej over 6 m, 3-6 m og anden vej) vil have samme kvadratmeterpris for oprydning, da maskinerne, der anvendes, vil være de samme.

Det forventes, at der ved oversvømmelser på 0,10 m på veje vil være behov for oprydning.

Forsinkelse (bilisme)

Forstyrrelser på vejnettet betyder forsinkelser for både private og erhvervsmæssige kørsler samt den kollektive vejtransport i området. Denne skadesanalyse dækker de samfundsøkonomiske omkostninger relateret til privatbilisme. Enhedspriserne for forsinkelse af privatbilisme for hver vejtype ses i Tabel 31. Det antages, at der ikke er reelle forsinkelser på de små veje ("Anden vej").

Tabel 31: Enhedspriser for forsinkelse for bilister fordelt på vejtyper

Kategori	2017-Værdi	Enhed	Tærskel [cm]	Kilde
Infrastruktur				
Forsinkelse - motorvej	8.376.600	kr./strækning	>20	Rambøll
Forsinkelse - vej >6 m	910.800	kr./strækning	>20	Rambøll
Forsinkelse - vej 3-6 m	414.000	kr./strækning	>20	Rambøll

De samfundsøkonomiske omkostninger ved forstyrrelser på vejnettet omfatter værdien for den enkelte berørte person ved den ekstra transporttid, der fremkommer herved, dvs. værdien af forsinkelse i trafikken.

Værdisætningen af de samfundsøkonomiske omkostninger ved forsinkelser af bilister sker ved nedenstående trin:

1. Enhedsprisen for forsinkelser for bilister (kr./køretøjstime) indhentes fra TERESA [36] (276 kr./køretøjstime).
2. Information om årsdøgnstrafik (ÅDT) indhentes fra [37]. Stikprøver viser, at ÅDT for motorvej i begge retninger er 60.700 (Øresundsmotorvejen), for vej over 6 m er ÅDT gennemsnitligt 11.000, og for vej 3-6 m er gennemsnittet 5000.

3. Det antages, at den gennemsnitlige omvej for motorveje er 30 min., mens den for vej over 6 m og vej 3-6 m er 20 min.

4. Det antages, at bilister vil være nødsaget til at tage omveje i 1 time.

Ved at gange enhedsprisen per køretøjstime med ÅDT for vejtypen med den ekstra køretid per bilist og tidsperioden i hvilken omveje er nødvendige, fås tre forskellige enhedspriser – én for hver vejtype.

Det antages, at bilister vil tage en omvej, når der ligger minimum 0,2 m vand på en vej. Teoretisk set kan denne værdi være højere, men tærsklen sættes, hvor det forventes, at folk vil være usikre på vejens forløb og derfor vælger at tage en omvej i praksis. Denne tærskel gælder for alle vejtyper.

Skader (jernbane)

Under oversvømmelser kan afstrømmende vand føre til erosion i fundamentet omkring jernbaneskiner, og dermed føre til skader på banelegemet. Ydermere kan der forekomme skævsætninger i legemet, såfremt der stadig ligger vand i sporkassen, når der igen begynder at køre tog, da vandet reducerer sporets bæreevne. Derfor er det vigtigt at inkludere skader på jernbane i en risiko-kortlægning. Enhedsprisen for skader på banelegemet ses i Tabel 32.

Tabel 32: Enhedsomkostning for skader på jernbane

Kategori	2017-Værdi	Enhed	Tærskel [cm]	Kilde
Infrastruktur				
Jernbaneskinnebrud - Ny jord-banket til reetablering	3.000	kr./m ²	>20	Rambøll [11]

Prisen for reparation af jernbane er estimeret baseret på værdier fra Danmarks Transportinfrastruktur 2030 [38]. Heri angives anlægsudgifter for jernbanebyggeri baseret på faktiske erfaringer fra et antal projekter. Anlægsudgifter varierer betydeligt alt efter banen og anlægsområdets karakter. Prissætningen for skader er gjort ud fra følgende trin:

1. Da det ikke forventes, at der ved renoveringer skal udgraves mere jord, eller at anlægget er særligt kompliceret, vælges den mest simple prisindikation i [38], som er Udbygning af enkeltspor til dobbeltspor. Prisindikationen herfor er 30 - 50 mio. kr./km.
2. Det antages, at skadesomkostningerne vil svare til 10% af omkostningerne for et nyt anlæg. Dermed er skadesomkostningerne for jernbane 10% af 30 mio. kr./km = 3.000 kr./m.
3. Det antages, at et jernbanespor er 1,0 m, hvorfor skadesomkostningerne for jernbane er $(3.000 \text{ kr./m}) / (1,0 \text{ m}) \sim 3.000 \text{ kr./m}^2$.

Det antages, at der ved 0,2 m på banelegemet vil være behov for sikring/renovering af systemet.

Nedbrud på hovedstation (transformerstation)

Ligesom ved anden infrastruktur kan der også ske nedbrud på hovedstationer (også kendt som transformerstationer), hvis der ligger meget vand omkring installationerne. Prisen for nedbrud på hovedstation stammer fra " Designgrundlag for beskyttelse mod oversvømmelse af København" [2].

Kategori	2017-Værdi	Enhed	Tærskel [cm]	Kilde
Infrastruktur				
Nedbrud på hovedstation	1.201.168	kr./hoved-station	>100	COWI [2]

Det antages, at disse stationer er velsikret til at modstå store oversvømmelser, og der skal derfor stå minimum 1 m vand omkring en hovedstation, før denne beskadiges.

BILAG 5 KORTLÆGNING AF SKADER OG TAB FOR HVIDOVRE OG KØ- BENHAVNS KOMMUNER I TILFÆLDE AF STORMFLODER FRA SYD









